1re ANNÉE — N° 7 — 15 AVRIL 1890

REVUE GÉNÉRALE

DES SCIENCES

PURES ET APPLIQUÉES

DIRECTEUR : LOUIS OLIVIER

LA CONSTITUTION DES SOLUTIONS ÉTENDUES ET LA PRESSION OSMOTIQUE

Un certain nombre de corps plongés dans un liquide ont la propriété de disparaître complètement à la vue et de se répartir uniformément dans toute la masse de ce liquide sans troubler sa transparence. La constatation de ce fait se perd assurément dans le passé et il était connu depuis longtemps lorsque l'explication en a été tentée. Les Anciens assimilaient la dissolution à la fusion, tenant surtout compte de ce fait que le solide qui se dissout prend la forme liquide du dissolvant. Ce fut l'opinion acceptée au Moyen Age où l'on était assez peu expérimentateur; et l'idée passant dans la langue, nous parlons encore aujourd'hui de faire *fondre* du sucre dans de l'eau. Jusqu'à la fin du siècle dernier, la notion de solubilité n'a pu être dégagée d'un certain nombre de faits parallèles et la dissolution d'un sel dans l'eau ou celle d'un métal dans un acide n'étaient pas suffisamment distinguées.

I

Lorsqu'un acide mélangé d'eau agit sur un métal, il se fait une *réaction chimique* donnant lieu à un sel, qui d'ailleurs pourra être soluble dans l'eau, et donner ainsi l'illusion d'une action simple, d'une dissolution directe du métal. On réserve maintenant le nom de solution à la répartition uniforme d'un corps dans un liquide sans qu'il y ait de réaction chimique, au moins connue.

Ainsi définie, la solubilité est un des faits scientifiques les moins bien classés; et l'on se demande souvent si cet acte si général et si important dans ses applications est de nature physique ou chimique. De toute évidence, et comme de nombreux faits le démontreront plus loin, c'est une action mixte; considérée sous ce jour, elle a donné dans ces dernières années les résultats les plus importants qui aient été acquis depuis longtemps.

Le point de départ de tout progrès est dans l'expérimentation et voici les expériences d'où sont sorties les idées les plus récentes touchant non seulement la solubilité, mais encore la physique des combinaisons chimiques. Ces expériences vont paraître, sans doute, bien éloignées du sujet que nous traitons.

En 1877 Traube examina les échanges de matière qui ont lieu entre une solution de sel enfermée dans une vessie ordinaire et de l'eau pure dans laquelle cette vessie est plongée. Il constata que le sel traverse difficilement la membrane, alors que l'eau y entre en telle abondance qu'elle la fait gonfler fortement. Plus tard, le botaniste Pfeffer (1) voulut se rendre compte du rôle des échanges qui ont lieu, à travers les enveloppes des cellules, entre l'eau que les végétaux puisent dans le sol et les sucs plus ou moins riches en matières salines que les cellules contiennent. Comme préparation à ses travaux il fut amené à étudier un certain nombre de parois poreuses artificielles, perméables aux liquides. Au cours de ces recherches il trouva une membrane particulière jouissant de propriétés fort remarquables. On sait que les vases poreux en faïence dégourdie employés pour les piles, étant remplis d'une solution quelconque et placés dans

(1) *Osmotische untersuchungen*. Leipzig, 1887.

l'eau pure, laissent aussi bien pénétrer l'eau à l'intérieur que sortir la solution. Il n'en est plus de même quand on leur fait subir la préparation imaginée par Pfeffer. Dans ce cas, des vases de pile d'environ dix centimètres de haut sont soigneusement lavés aux acides et aux alcalis, puis rincés jusqu'à ce que l'eau qui en sort soit pure. Tous ces traitements se font sous pression réduite, afin que les réactifs ou l'eau traversent la paroi qui devra être aussi poreuse que possible. Les vases de pile sortant de l'eau et essuyés au papier buvard sont remplis d'une solution à 3 % de sulfate de cuivre et, dix minutes après, placés debout dans une solution au même titre de ferrocyanure de potassium. Les deux liquides cheminent dans la terre poreuse en sens inverse et se rencontrent vers le milieu de la paroi où ils produisent un précipité de ferrocyanure de cuivre gélatineux formant une sorte de membrane interne très délicate, mais protégée en tout point par un revêtement solide de faïence.

C'est un fait bien connu que les membranes se laissent traverser par l'eau ou d'autres liquides par osmose ; mais l'action n'est pas rigoureusement unilatérale, elle diffère en cela de celle qui se produit dans la membrane chimique que nous venons de décrire ; celle-ci, se laissant traverser librement par l'eau pure, a la propriété de ne pas laisser passer la moindre quantité de matière saline : on l'a nommée paroi *hémiperméable*.

Après avoir minutieusement rincé les vases préparés, on y fixe par un solide bouchon un tube à deux branches permettant de les remplir avec les liquides qu'on étudie et de les mettre en communication avec un manomètre à air libre. En prenant les plus grands soins, c'est à peine si sur cent préparations on obtient deux *parois hémiperméables* continues, sans bulles, ni fissures et capables de rendre des services. Lorsque dans l'intérieur d'un vase préparé on introduit une solution saline à 1 % ou 2 % jusqu'à remplir toute la cavité du vase, y compris les tubes reliés au manomètre, et qu'on plonge l'appareil dans de l'eau distillée, *l'eau seule*, comme nous l'avons dit, peut circuler à travers la membrane, si elle est parfaite (fig. 1). Il est facile de constater qu'elle entre dans le vase clos pour diluer le sel et cela malgré la pression qui se produit comme conséquence de son entrée dans un vase rigide et déjà plein. La pression à laquelle les solutions salines font équilibre peut atteindre *plusieurs atmosphères*.

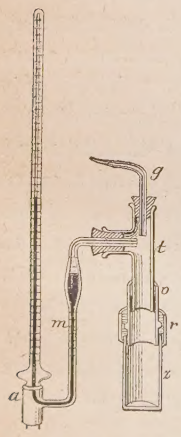


Fig. 1. Appareil de Pfeffer.

C'est la *pression osmotique ;* on la désigne souvent par Π. Cette pression croît lentement pendant quelques heures et finit par atteindre un état d'équilibre. La pression osmotique dans chaque cas est parfaitement fixe et définie.

Le fait de la pression ou tension osmotique existe, mais à première vue paraît inexplicable. On se demande, puisque la paroi hemiperméable laisse *librement* passer l'eau en *tous sens*, pourquoi l'eau extérieure à la pression normale entre dans un vase exactement rempli de solution sous cette même pression. Dans ces conditions aucune action ne devrait s'établir quand on immerge le vase de Pfeffer, car si la tension de l'eau s'accroît, par hypothèse, dans le vase interne, elle peut en sortir aussitôt à travers la paroi hemiperméable et rétablir l'équilibre. Mais c'est précisément ce paradoxe apparent qui permet d'attribuer la pression osmotique aux molécules salines seules, en éliminant la pression du liquide, ainsi que M. Van't Hoff l'a montré. L'eau extérieure est évidemment à la pression atmosphérique, mais le vase à osmose a été rempli à la même pression, non pas d'eau, mais d'une *solution* dans laquelle ce dissolvant et les molécules salines ont chacune une fraction de la tension totale, comme cela a lieu pour les mélanges gazeux. Dès lors l'eau intérieure n'est pas en réalité à la même pression que celle qui se trouve à l'extérieur et cette dernière entre dans le vase jusqu'à ce que l'équilibre de pression de l'*eau, intus et extra*, soit établi. L'excès de pression qui se produit ainsi, c'est-à-dire la pression osmotique Π, n'est donc plus attribuable qu'aux molécules des corps dissous. On trouve une image fidèle de cette théorie dans l'expérience de cours si connue qui consiste à plonger un vase de pile clos et rempli d'acide carbonique dans une cloche d'hydrogène. L'hydrogène traverse aisément la paroi, et tend à se mettre en équilibre de pression de part et d'autre ; l'acide carbonique ne pouvant sortir aussi vite, la pression croît à l'intérieur.

Entre deux solutions il peut se faire des échanges d'eau, des variations de la concentration conduisant à un équilibre ; cette observation a permis à un botaniste encore, M. de Vries (1), de trouver les concentrations de solutions salines pour lesquelles il y a « équilibre osmotique », en se servant de cellules végétales. Si l'on taille une tranche d'un végétal herbacé assez mince pour quelle puisse être vue au microscope dans toute son épaisseur, de nombreuses cellules se montrent coupées : mais, dans le nombre, d'autres mieux situées restent intactes contenant leurs sucs salins, revêtues de

(1) *Eine methode zur analyse der Turgorkraft.* Pringsheim' Jahrb. XIV.

leurs enveloppes et jouant, grâce à la couche cuticulaire du protoplasma, le rôle de parois hémi-perméables. Il y aura, comme le dit M. de Vries, des échanges liquides par voie de « plasmolyse » si sur le porte-objet du microscope on mouille une semblable préparation avec la solution aqueuse d'un sel à 1, 2, 3, 4..... n %; les cellules intactes prendront de l'eau aux solutions les plus étendues et on les verra se gonfler, tandis qu'au contraire elles se contracteront pour les solutions d'un rang plus élevé dans la série, auxquelles elles céderont de l'eau. Dans la série des concentrations celle pour laquelle il n'y aura aucune variation de turgescence sera en équilibre osmotique; et, si plusieurs sels sont examinés de cette façon, on aura par tâtonnement les concentrations nécessaires pour équilibrer osmotiquement le suc cellulaire d'une plante donnée. On aura le *coefficient isotonique* de la solution. Le coefficient isotonique varie assurément avec l'espèce végétale employée; mais toutes ces valeurs ne diffèrent que par une constante; de sorte qu'en rapportant les résultats obtenus pour divers corps à un sel dont on connaît déjà la pression osmotique pour la concentration isotonique, la pression osmotique pour ces corps se trouve déterminée. On peut donc faire très aisément par une simple observation microscopique les déterminations si importantes de pression osmotique.

Depuis longtemps certes on a étudié en botanique les phénomènes d'osmose; mais la connaissance exacte des variations de concentration des milieux salins en rapport avec la pression osmotique est peut-être de nature à modifier bien des idées sur l'hydrostatique des êtres vivants, les mouvements d'eau dans les végétaux, et les sécrétions, surtout pathologiques, des animaux et de l'Homme.

II

M. J. H. Van't Hoff, d'Amsterdam (1), a été frappé de l'importance de ces phénomènes osmotiques, dont l'intensité *se mesure par atmosphères* et qui se prêtent à des évaluations suffisamment exactes. Il est arrivé, au moyen d'une hypothèse, à les expliquer et à édifier une théorie physico-chimique des solutions et même des combinaisons, qui fait chaque jour de nouveaux progrès et dont il est difficile aujourd'hui de prévoir l'influence sur les théories chimiques actuelles.

Bernouilli, puis Clausius plus tard, dans sa théorie cinétique des gaz, ont admis que ceux-ci sont formés de petites particules ou molécules animées d'un rapide mouvement de translation. Ces molécules cheminaient indéfiniment, si le gaz n'était contenu dans une enveloppe quelconque. Enfermées, elles viennent sans cesse heurter la paroi et leur choc incessant produit cette poussée continue qu'on nomme la pression du gaz. Si l'on diminue de moitié le volume d'une masse gazeuse donnée, sa pression augmente du double, parce que le même nombre de molécules frappant une surface moindre y développe une pression plus grande. C'est la loi de Mariotte, d'après laquelle le volume d'un gaz parfait est en raison inverse de la pression.

M. Van't Hoff a fait, comme nous l'avons dit, une application heureuse de ces idées aux solutions. Il admet que lorsque les solutions sont *très étendues*, elles sont analogues aux gaz parfaits. Alors, comme dans le cas de ceux-ci, les molécules chimiques provenant du sel dissous se meuvent librement dans le dissolvant, frappant la paroi du vase et donnant lieu aux phénomènes de *pression osmotique* qui sont aux solutions ce que les pressions ordinaires sont aux gaz et vapeurs.

Celà n'est pas simplement une vue de l'esprit, car on a pu constater avec surprise que la formule bien connue:

$$(A) \qquad pv = RT \qquad \text{ou} \qquad R = \frac{pv}{T} \ (1)$$

qui représente les lois de Mariotte, Gay-Lussac et Avogadro et définit l'état d'un gaz, est numériquement applicable aux solutions. En effet si l'on prend une quantité de gaz égale au poids moléculaire, c'est-à-dire au poids de matière gazeuse occupant le même espace que deux volumes d'Hydrogène H^2, soit $22^{lit}33$ et que dans la formule (A) ci-dessus p représente comme d'usage la pression en grammes par centimètre carré, v le volume en centimètres cubes et T la *température absolue* (2), la formule permet de calculer la valeur de la constante R. Prenons en effet comme exemple l'oxygène à 0° et à 760°. Dans ces conditions le poids du litre étant $1^{gr}437$, le volume occupé par la molécule sera $\frac{32}{1,437} = 22^{lit},26$. Sous la pression normale de l'atmosphère, l'effort en grammes par centimètre carré sera 1033^{gr} et comme en température absolue $0° = 273$, on trouve, en effectuant:

$$R = \text{constante} = \frac{1033 \times 22,26}{273} = 84500.$$

(1) *Zeischrift für Physikalische Chemie*, 1887, t. I, p. 481.

(1) p = pression; v = volume; T = température absolue; R représente une constante.

(2) La contraction que subissent les gaz en se refroidissant est, pour chaque degré, $\frac{1}{273}$ de leur volume; de sorte que par un refroidissement continu, s'ils ne se liquéfiaient pas, et si leur loi de contraction restait la même, leur volume compté à partir de 0° serait nul à — 273°. Ce nombre, très important en physique, est l'origine de l'échelle des *températures absolues* dans laquelle 0° = 273°; 25°, par exemple, deviendrait: 273+25 = 298°.

On aurait le même résultat pour d'autres gaz : la constante tirée de l'équation des gaz est donc 84700. Si, au lieu de prendre un gaz, on part d'une solution, on arrivera au même résultat par la même formule, pourvu qu'on prenne la *pression osmotique* Π aux lieu et place de la pression gazeuse.

Nous pouvons en effet refaire le calcul pour une solution avec les documents de Pfeffer, qui a trouvé que le sucre dissous dans les rapports de 1 de sucre à 100 d'eau, à 14°, donnait une pression osmotique de $0^{atm}671$ dans son appareil.

La molécule de sucre de canne, c'est-à-dire la quantité de cette matière correspondant à la formule $C^{12}H^{22}O^{11}$ qui, selon les lois de la chimie, occuperait, si on pouvait la volatiliser, le même espace que H^2, est 342^{gr}. La solution de 1^{gr} de sucre dans 100^{gr} d'eau occupe un espace de $100^{cc}6$; celle de 342^{gr} occuperait donc 34405^{cc}. *Ce volume de* 34405 est celui qu'occupe la *molécule-gramme* pour la concentration énoncée de 1 : 100. Pour cette concentration, la pression Π de $0^{atm}671$, évaluée en grammes par centimètre carré, est $0^{atm}671 \times 1033 = 693^{gr}$. Quant à la température à introduire dans la formule (A) elle sera $14° + 273° = 287°$, pour compter en températures absolues.

Les valeurs ainsi définies donnent :

$$R = \frac{693 \times 34405}{287} = 83100.$$

C'est encore la constante moléculaire des gaz; bien qu'elle soit un peu faible, ce que les erreurs inhérentes à ces expériences suffisent à expliquer largement.

En général les solutions étendues de substances solides ou liquides dans des solvants quelconques vérifient l'équation (A); et en acceptant $R = 84700$, on peut calculer avec cette équation, faite primitivement pour représenter l'équilibre des gaz, la pression osmotique Π que donnera un liquide mixte à diverses températures :

$$(B) \qquad \Pi = \frac{84700\,(273 + t)}{v}$$

D'ailleurs les corps qu'on peut étudier sous la forme de solution et de gaz donnent pour leur pression gazeuse p, et leur pression osmotique Π, le même nombre,

Les solutions suivent donc bien les mêmes lois que les gaz. Voici le résumé de ces lois :

1° Pour une même température, à concentration moléculaire égale, c'est-à-dire quand le même nombre de molécules occupe le même espace, les divers corps en solution ont la même pression osmotique. C'est bien là cette *loi d'Avogadro* pour les gaz qui veut que pour une même pression et une même température les gaz contiennent le même nombre de molécules dans le même espace.

2° Gay-Lussac a montré que lorsqu'on chauffe un gaz, il augmente de $\frac{1}{273}$ de son volume par degré ; mais s'il est dans un espace clos, le volume ne pouvant varier, c'est la pression qui s'accroît. Cette loi est contenue dans la formule (A) mise sous la forme :

$$p = \frac{RT}{v}$$

qui montre que la pression p pour une masse donnée est en raison directe de la température absolue et en *raison inverse du volume*, comme l'exige la loi de Mariotte.

Continuons à assimiler les solutions aux gaz; les expériences suivantes prouvent que nous en avons le droit :

On augmente la quantité de gaz dans un espace donné : *la pression* croît (Mariotte). On augmente la quantité de matière dissoute dans un certain espace, c'est-à-dire *la concentration, la pression osmotique* croît (Pfeffer et Van't Hoff). Soit une solution de sucre à 15° :

C concentration en sucre %	Π Pression osmotique correspondante, en millimètres de mercure	$\frac{\Pi}{C}$
1 %	535^{mm}	535
2 %	1016	508
2.74 %	1518	554
4 %	2082	521
6 %	3075	513

La pression osmotique est donc bien proportionnelle à la concentration, aux erreurs d'expérience près.

On constate de même que, pour une même solution, la pression osmotique croît, avec la température, de la quantité prévue par la loi de Gay-Lussac :

			Observée	calculée
Sucre	32°	Pression osmotique	= 544	
	14°	—	= 510	512
Tartrate de sodium	37°3	—	= 983	
	13°3	—	= 908	907

La similitude de la pression des gaz et de la pression osmotique est donc expérimentalement établie. L'analogie des molécules gazeuses se mouvant dans l'espace et des molécules de matière dissoute se mouvant dans les solutions étendues. est complète.

De même qu'il n'est pas de question relative aux gaz dans laquelle on puisse faire abstraction de la température, du volume et de la pression, de même tous les faits connus relatifs aux solutions étendues viennent se grouper peu à peu autour de la théorie fondée sur la pression osmotique.

La valeur moyenne acceptée pour la constante R est 84700.

M. Raoult, dans ses remarquables recherches sur le point de congélation des solutions étendues, a établi une relation entre l'abaissement de cette valeur et les *poids moléculaires*. Les résultats acquis par ce savant ont été rattachés bientôt à la *théorie cinétique* des solutions et les abaissements du point de congélation permettent maintenant de calculer la pression osmotique et vice-versâ.

En désignant par $T_0 - T_1$ l'abaissement total du point de congélation, par V le volume spécifique du dissolvant, par L la chaleur latente de fusion de ce même dissolvant, par T,E,Π, respectivement la température absolue, l'équivalent mécanique de la chaleur et la pression osmotique produite par le corps dissous, on a relié les deux phénomènes par la formule.

$$(C) \qquad T_0 - T_1 = -\frac{1}{E}\cdot\frac{T}{L} v\Pi.$$

Dans la formule (A), R = 84700, soit sensiblement le double de la valeur de l'équivalent mécanique : 2E ou 42500 × 2 dans le système d'unité adopté. En rapportant à une molécule m de corps dissous, on aura, d'après la formule précitée de la pression osmotique :

$$\frac{\Pi V m}{T} = 84700 = 2E \quad \text{ou} \quad \frac{\Pi}{E} = \frac{2T}{m}\cdot\frac{1}{V}.$$

Par substitution dans la formule (C), Il vient :

$$T_0 - T_1 = \frac{2T^2}{Lm}\,\frac{v}{V}.$$

De plus, comme le rapport du volume spécifiqe V du dissolvant au volume spécifique v du corps dissous représente la concentration $\frac{r}{100}$ en matière dissoute, on arrive à $T_0 - T_1 = \frac{2T^2}{L}\,\frac{r}{100}\,\frac{1}{m}$.

M. Raoult a donné pour l'abaissement *moléculaire* de congélation t la formule $t = (T_0 - T_1)\frac{m}{r}$, d'où l'on a tiré, en tenant compte de ce qui précède, la formule pratique :

$$t = 0{,}02\,\frac{T^2}{L}.$$

Par une voie analogue les abaissements de tension de vapeur des solutions, de M. Raoult, ont été rattachées à la pression osmotique et permettent d'en calculer la valeur. On le voit, il n'y a plus à discuter les preuves : il y a un nombre considérable de corps qui en solution vérifient la formule des gaz : par la pression osmotique directe de M. Pfeffer, par le coefficient isotonique de M. de Vries, par la diminution de tension des solutions de M. Raoult, par l'abaissement du point de congélation du même auteur. N'y eût-il que quelques cas bien observés au lieu de cette abondance de preuves, la relation serait établie.

III

Les corps qui suivent la loi de Van't Hoff régulièrement sont toutes les substances organiques, en général tous les corps non conducteurs (qui ne sont pas des électrolytes). Mais les sels — tous électrolytes — ont paru un instant faire exception à la règle. Pour satisfaire à cette loi, il fallait, afin de mettre d'accord l'expérience et la théorie, introduire un certain coefficient qu'on a désigné par i et qui pouvait varier de 1 à 4 dans la formule (A). On avait ainsi :

$$(D) \qquad pv = iRT$$

C'était là un expédient.

M. Svante Arrhénius dans diverses publications a traité cette question et levé complètement les difficultés à l'aide d'une théorie qui lui est propre : celle de la dissociation des électrolytes. La formule des gaz (A) est applicable aux vapeurs stables ; mais depuis longtemps on a constaté qu'il y a des vapeurs, telles que le chlorhydrate d'ammoniaque, l'iode, etc..., pour lesquelles la densité ne correspond pas à la formule établie par voie chimique. On trouvait à ces corps des densités de vapeur anormales. Ces faits ont été expliqués depuis longtemps déjà par la *dissociation* qui transforme aux températures élevées AzH^3, HCl en $AzH^3 + HCl$, I^2 en I + I etc.

Les solutions obéissant, comme on l'a vu, aux lois des gaz, leurs anomalies, d'après M. Arrhénius, doivent être aussi celles que les gaz subissent ; dès lors les sels dont la pression osmotique ne conduit pas à la constante 84700 sont *dissociés*. Tout le monde se souvient de l'interprétation classique de l'électrolyse par Grothus. *Pendant que le courant passe* dans une solution conductrice, une sorte de permutation par glissement se fait (fig. 2), qui conduit à chaque pôle ces fractions particulières de

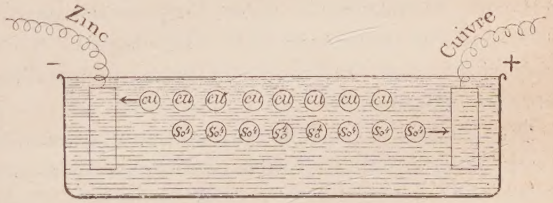


Fig. 2.

molécules salines que l'électricité sépare et que Faraday a nommé des *ions*.

(1) *Zeitschrifte für physikalische Chemie*, 1887-1889. *Lumière électrique*, 1889.

Le métal va au pôle négatif (—) : c'est un *ion* positif; le reste de la formule, quel qu'il soit, stable ou non, se rend au pôle positif (+); c'est, d'après la règle des attractions et des répulsions électriques, l'*ion* négatif.

Dans cette manière de voir il faut un certain effort ou force électromotrice pour accomplir la séparation. Pourtant on sait que, déduction faite de la résistance d'un liquide, entre électrodes de même métal que le sel dissous, la moindre force électromotrice suffit pour transporter un corps simple. M. Arrhénius, complétant une hypothèse de Clausius, admet que dans une solution saline étendue les sels sont *naturellement dissociés en leurs ions*. Le moindre courant qui traverse le liquide suffit pour capter les *ions libres* qui passent auprès du fil conducteur : ce n'est pas un travail de décomposition, mais d'ordination. Selon cet auteur, et contrairement à ce que les chimistes ont toujours admis, dans une solution *étendue*, de KCl, par exemple, il n'y pas de molécules de KCl, mais un nombre égal d'ions, de K et de Cl doués de charges électriques contraires et se mouvant en tous sens comme les molécules des gaz.

Mais suivant la pensée de l'auteur, il ne faut pas se représenter ces ions, *chargés, actifs*, comme des particules très petites des éléments K et Cl que nous connaissons à l'état isolé et qui ne sont sans doute que des agrégats très condensés des ions électrolytiques. Ce sont ces *ions libres* qui transportent l'électricité et qui possèdent l'activité chimique.

Telle est donc la constitution d'une solution *très étendue* de sel : pour une dilution extrême, à la limite, tous les ions seraient libres. Cette solution est comparable à un gaz parfait. Mais, si elle devient de moins en moins étendue, une partie des ions se combine de nouveau et on a des liquides mixtes contenant un nombre de plus en plus grand de molécules combinées KCl, SO^4K^2, AzO^3Na... Ces solutions seront dans la situation de vapeurs présentant une densité variable avec la température, elles seront en voie de *dissociation en ions* présentant pour chaque concentration, et, à concentration moléculaire égale, pour chaque espèce de sels, un *coefficient de dissociation* particulier qu'on sait déterminer maintenant et qui n'est autre chose que *i* de la formule (D).

Nos idées sur la nature intime des solutions viennent, comme il est aisé de le constater, de faire un grand progrès : elles sont sorties de la phase des hypothèses sans contrôle; on peut les soumettre au calcul. Sur ce point on a encore beaucoup à apprendre; mais on a déjà, pour étudier les solutions étendues, des faits et des formules solides; il y a beaucoup à en espérer, car leur étude est désormais reliée à la physique générale.

A. Etard,
Répétiteur à l'Ecole Polytechnique.

NOUVELLE THÉORIE DU MÉCANISME DES SENSATIONS LUMINEUSES

La lumière est un phénomène subjectif. Sa cause externe consiste dans le mouvement d'un fluide dont les ondulations se mesurent en millionièmes de millimètres et dont la durée s'évalue en trillonièmes de seconde.

Comment ces infimes ondulations de l'éther peuvent-elles agir sur nos centres nerveux? Un intermédiaire, collecteur spécial des vibrations externes, est nécessaire : c'est l'organe du sens de la vision; sa délicatesse doit être exquise, puisqu'il vibre sous l'influence de mouvements d'une extrême exiguïté.

Très compliqué chez les animaux supérieurs, ce transformateur des vibrations éthérées prend parfois une structure très simple dans les espèces qui occupent les degrés inférieurs de l'échelle zoologique. Chez certains êtres, l'œil n'est plus représenté que par une simple tache noirâtre, qui se distingue à peine du reste du tégument. Mais cette « tache pigmentaire, » dernier vestige de l'œil, correspond à la partie sensible de notre rétine.

Ce qui dégénère surtout, chez l'invertébré, ce sont les parties accessoires, comme celles qui, dans l'œil humain, concourent à l'accommodation et à la formation des images nettes sur l'écran sensible. Aussi, chez beaucoup de ces animaux, la vision reste-t-elle confuse, au point qu'une guêpe peut se ruer sur la tête d'un clou, croyant frapper une mouche de son aiguillon.

Mais les propriétés visuelles fondamentales persistent, alors même que déjà l'organe oculaire a subi de profondes dégradations. Paul Bert a le premier démontré que certains crustacés (les Daphnies) savent apprécier les différences d'éclairage et distinguer les couleurs. Les Daphnies ne constituent pas une exception. Nos expériences sur le *Pyrophorus noctilucus* et celles de Lubbock et de Graber ne sauraient laisser aucun doute à ce sujet.

Bien plus, des animaux dépourvus d'yeux, tels que les larves de certains insectes, les myriapodes aveugles, les vers de terre sentent réellement les différences de clarté et peut-être même les couleurs.

Des observations analogues ont été faites sur des vertébrés (Grenouilles, Caméléons, Tritons) et ont conduit à penser que la peau est impressionnable par la lumière. Nos recherches sur les Protées et sur les Pholades mettent hors de conteste l'influence de cette fonction particulière du tégument, que nous appellerons *vision dermatoptique*.

D'ailleurs n'était-il pas théoriquement vraisemblable que la peau pût jouir parfois de propriétés analogues à celles de notre œil? L'embryologie ne nous fait-elle pas connaître *ab ovo* l'évolution de cet organe et ne nous apprend-elle pas que notre rétine n'est qu'un retour, vers l'extérieur, de l'épiderme en partie englobé par l'embryon pour former le système nerveux?

C'est de l'épiderme que vient toute sensibilité, et cela se conçoit, car ce sont les parties les plus extérieures qui, les premières, doivent acquérir la propriété de réagir sous l'influence des excitants du milieu ambiant.

En définitive, l'œil, réduit à ce qu'il a de fondamental, doit donc présenter chez le vertébré, comme chez l'invertébré, de grandes analogies avec le tégument; dès lors, on peut supposer que le nécessaire de la vision, c'est-à-dire la sensation de clarté et de couleur, si merveilleuse qu'elle soit et si mystérieuse encore, peut être plus simple qu'on ne le suppose généralement.

I

On comprendra maintenant l'importance considérable que l'on doit attacher à l'étude d'un organe tel que l'œil, réduit à son état primitif, originel, tégumentaire, chez un animal adulte, non seulement capable de voir par la peau, mais encore d'écrire lui-même ses impressions chromatiques ou lumineuses.

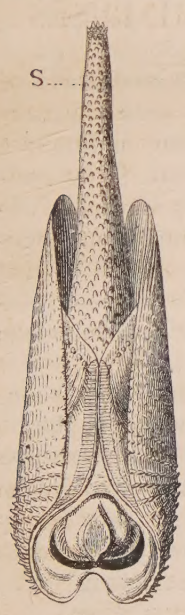


Fig. 1.

Cette bête singulière est la Pholade dactyle (fig. 1), mollusque marin que l'on rencontre sur divers points de nos côtes, sur les rivages de la Manche, de l'Océan, de la Méditerranée. Sa coquille très fragile, gracieusement échancrée, laisse à nu une partie du corps. Élégamment ouvragée, cette frêle cuirasse semble plutôt une coquette parure destinée à soutenir les organes, qu'un moyen de défense. Aussi, la Pholade, qui craint fort le crabe et d'autres redoutables carnassiers marins, vit-elle en recluse, murée dans des trous profonds creusés dans le roc ou dans l'argile et d'où elle ne peut plus sortir dès qu'elle y a grandi. Elle ne livre aux hasards du dehors qu'une partie de son manteau, c'est-à-dire de sa peau transformée en un long tube flexible et contractile (S, fig. 1) creusé de deux canaux adossés l'un à l'autre comme les canons d'un fusil de chasse. Cette sorte de trompe, c'est le *siphon* : il sert à introduire dans les branchies et les organes digestifs l'eau et les animalcules qu'elle contient par l'une de ses ouvertures, et à rejeter par l'autre l'eau qui a servi à la respiration et les déchets de la nutrition. L'orifice d'entrée est garni d'une élégante couronne de tentacules ramifiés comme les branches d'un corail, petits appareils tactiles d'une sensibilité extrême. Quand on les excite, ils ferment l'ouverture du siphon en ramenant leurs extrémités libres vers le centre de celle-ci, et l'animal prévenu rétracte brusquement son siphon en lançant une véritable trombe d'eau sur l'agresseur.

Mais ce n'est pas seulement par le tact que l'inoffensif animal est averti du danger ou renseigné sur les phénomènes extérieurs qui l'intéressent.

Il voit, imparfaitement il est vrai, mais il voit par toute la surface du siphon, seule partie de l'animal qui puisse sortir de sa prison pour veiller sur ce qui se passe au dehors.

Si l'on place des Pholades arrachées de leur demeure dans un grand vase rempli d'eau de mer, on ne tarde pas à les voir allonger considérablement ce siphon.

Elles restent ainsi, pendant de longues heures, paresseusement étendues, aspirant et rejetant l'eau qui sert à la respiration et à la nutrition.

Leur attitude reste la même pendant le jour et pendant la nuit, à la lumière comme à l'obscurité. Mais, vient-on à modifier subitement les conditions d'éclairage, aussitôt le siphon se rétracte brusquement, comme si l'on touchait les organes tactiles dont nous avons parlé. Il suffit de peu de chose : un mouvement rapide de la main interceptant pendant un court instant la lumière incidente, un nuage de fumée qui passe, une allumette éclatant dans l'obscurité, sont autant de causes suffisantes pour produire cette contraction.

Cette sensibilité à la lumière n'est pas répandue seulement à la surface du siphon, mais encore sur toutes les parties du tégument, qui ne sont pas recouvertes par la coquille : on la constate jusque sur la paroi interne des canaux du siphon : mais elle est surtout marquée dans les points les plus fortement colorés en brun par le pigment, comme le bout qui porte les tentacules.

Dans toutes les régions excitables par la lumière, on ne rencontre aucun point du tégument assez différencié pour être comparé, par exemple, à l'œil d'un pecten, et c'est à tort que l'on avait autrefois

signalé la présence d'organes oculaires à la base des tentacules.

Toutefois, sur le siphon, mais là seulement, la surface tégumentaire n'est pas uniforme; elle est comme chagrinée et présente de nombreuses saillies ou élevures en forme de papilles, disposées en séries annulaires très rapprochées les unes des autres.

La plupart, à l'état frais, sont légèrement étranglées à leur base d'insertion. Leur bord libre, aminci, ondulé et comme trifolié est tourné vers le bout du siphon et paraît plus pigmenté que les sillons qui séparent les papilles. Quand le siphon se contracte, ces reliefs papilliformes s'imbriquent comme les tuiles d'un toit, ou mieux encore, comme les écailles d'un cône de pin.

Ces reliefs du tégument, en recueillant des radiations dont l'incidence n'est pas normale à la paroi du siphon, servent sans doute à la vision dermatoptique, mais on ne peut les considérer comme des yeux, puisque d'autres parties du manteau, qui en sont dépourvues, présentent la sensibilité à la lumière. D'autre part, l'examen microscopique de leur structure nous montrera bientôt qu'ils sont construits avec les mêmes éléments que le reste de la peau. Celle-ci représentera donc l'écran sensible, la rétine de notre œil, mais il ne pourra se former à sa surface aucune image nette, et la lumière réfléchie par les corps opaques ne sera pas concentrée par le merveilleux appareil optique, qui donne à notre vue sa grande perfection. Aussi la Pholade peut-elle dans certains cas être surprise par l'approche d'un ennemi qu'elle n'a pu voir.

Si l'on place un de nos mollusques bien sensible dans une cuvette de verre à fond plat, suspendue au-dessus d'un fond noir, dans un endroit bien éclairé, on provoquera une contraction toutes les fois qu'entre la source lumineuse et l'animal on fera passer un corps quelconque, par exemple un pain à cacheter tenu au bout d'une aiguille. Mais la Pholade restera indifférente si vous promenez ce même petit signal, fût-il blanc et bien éclairé, entre le fond noir et la face inférieure non éclairée du mollusque. On observe le même phénomène dans certaines altérations des milieux réfringents de notre œil : le malade peut distinguer encore ses doigts quand il les interpose entre l'œil et la lumière d'une fenêtre, alors qu'il ne peut en saisir ni les contours ni les mouvements dans toute autre condition.

Pourtant la sensibilité dermatoptique est considérable, car il suffit, avec l'éclairage direct, d'une faible modification de l'intensité pour obtenir un effet très net. Nous avons dit plus haut que le passage d'un simple nuage de fumée de tabac pouvait provoquer une contraction. Il en sera de même lorsque l'on interposera un verre dépoli, même très clair, entre une Pholade et la lumière du jour pénétrant par une fenêtre. Inversement si, après avoir laissé l'animal étendre son siphon derrière la glace, on enlève celle-ci brusquement, il se produit un mouvement de rétraction.

C'est bien la lumière, dans ces diverses expériences, qui est le véritable excitant, car on ne peut admettre que le passage d'un pain à cacheter ou l'interposition d'un verre dépoli au-dessus d'un animal plongé dans l'eau de mer et éclairé par la lumière diffuse du jour modifie assez son état thermique pour provoquer de semblables effets.

D'ailleurs, si dans l'obscurité on approche de la surface de l'eau un ballon de verre enduit de noir de fumée et rempli d'eau bouillante, aucun mouvement ne se produit, tandis que la lueur d'une allumette à un mètre de distance fait éclater la contraction. De plus, nous verrons bientôt que les radiations infra-rouges et ultra-violettes du spectre solaire et du spectre électrique sont sans action sur la sensibilité de la peau de la Pholade.

Analysons maintenant les phénomènes extérieurs par lesquels la Pholade nous révèle la sensation lumineuse qu'elle a ressentie. Lorsque l'on touche au moyen d'une aiguille la surface du siphon, en quelque point que ce soit, on remarque d'abord deux sortes de mouvements bien distincts. Si la pression a été légère, il se fait au point touché une dépression du tégument, qui va en s'irradiant autour de ce point, de façon à déterminer un enfoncement bien circonscrit, dû évidemment à la mise en jeu d'éléments contractiles superficiels. L'excitation a-t-elle été portée sur plusieurs points assez rapprochés, situés suivant l'axe longitudinal et d'un seul côté, la contraction superficielle peut alors être assez prononcée et assez étendue pour imprimer au siphon tout entier une direction curviligne à concavité tournée vers le point excité. Si les excitations mécaniques ont été portées suivant la circonférence du siphon, c'est un étranglement annulaire qui se produit. L'expérience démontre donc déjà, à la superficie du siphon, l'existence d'éléments contractiles longitudinaux et annulaires que l'on peut faire contracter isolément.

Mais, si au lieu de toucher légèrement le siphon, on l'excite plus fortement, la contraction locale superficielle est bientôt suivie d'une rétraction brusque, totale, violente de tout l'organe, bien différente de celle que l'on observait dans les cas précédents. Au lieu d'une aiguille, on peut prendre pour excitateur un fin pinceau lumineux et on obtient les mêmes résultats.

Si le siphon est éclairé d'un côté seulement, il s'incurve lentement vers le foyer de lumière et l'on provoque ainsi un véritable *héliotropisme animal*. A

ce moment, si l'on rapproche brusquement le foyer lumineux, aussitôt le siphon se redresse tout entier par une brusque contraction totale.

Il n'est donc pas douteux que, dans ces expériences, deux systèmes contractiles différents sont successivement entrés en action sous l'influence d'un accroissement d'éclairage.

II

Structure du siphon. — L'étude microscopique de la structure du siphon apporte une nouvelle preuve de l'existence et de l'indépendance de ces deux systèmes contractiles. Elle fait aussi connaître la nature des éléments qui les composent.

Sur une coupe transversale de la partie moyenne de la moitié du siphon, d'une épaisseur d'un centième de millimètre, on distingue la section du canal expirateur de la cloison et de la paroi extérieure (fig. 2). Laissons de côté la description détail-

Fig. 2. — Coupe microscopique transversale de la moitié du siphon comprenant le canal expirateur. (Microphotographie)

lée de cette coupe, pour ne considérer qu'un segment de la paroi extérieure de l'un des canaux (fig. 3), cette paroi étant identique à elle-même dans tous les autres points.

De dehors en dedans nous rencontrons :

1° Une couche externe divisée en deux zones : la zone superficielle (*a*) est formée de cellules de l'épiderme remplies de fines granulations brun noirâtre (*cellules épithéliales pigmentées*) présentant sur toute la surface la même forme générale et les mêmes caractères. Cette zone est extérieurement protégée par une cuticule transparente. La zone profonde (*b*) de la couche externe est formée de fibres lisses longitudinales et transversales de nature musculaire (*Voyez* fig. 5).

2° Une couche neuro-conjonctive (*c*) renfermant des cellules nerveuses formant entre elles un plexus dont les mailles sont soutenues par des éléments conjonctifs.

3° Une mince couche (*d*) de petits faisceaux longitudinaux de fibres musculaires.

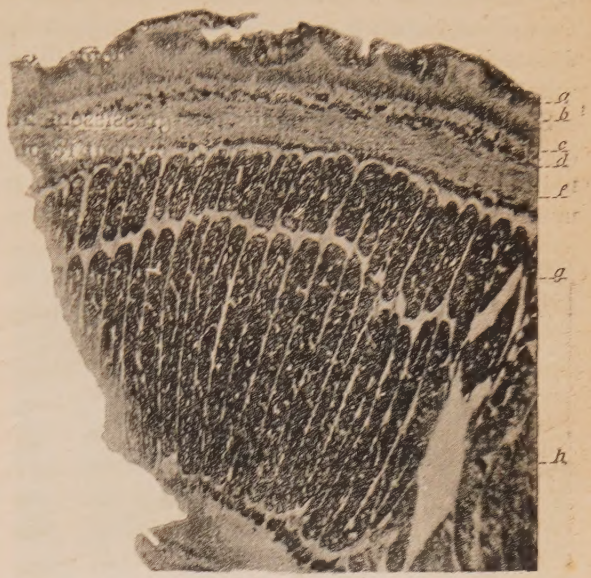


Fig. 3. (Microphotographie)

4° Une couche (*f*) de fibres musculaires circulaires plus fines, identiques à celles de la zone (*b*) de la couche externe.

5° Une rangée de petits faisceaux longitudinaux de fibres musculaires.

6° Les grands faisceaux musculaires longitudinaux (*g* et *h*).

Si l'on pénètre plus profondément dans l'épaisseur de la paroi, on rencontre les mêmes couches, mais en ordre inverse; seulement la face interne du siphon est revêtue de cils vibratiles.

Les fibres superficielles (*b*) de la couche externe

Fig. 4. (Microphotographie)

sont bien de nature musculaire et contractile, car leurs caractères sont identiques à ceux de la 4e zone

qui seule est susceptible de produire les étranglements du siphon dont nous avons parlé. On ne pourrait d'ailleurs sans admettre la nature musculaire des éléments de la couche (*b*) expliquer les dépressions localisées et l'*héliotropisme* dont il est question plus haut.

Si l'on examine, à un plus fort grossissement, (fig. 4 et 6) les saillies papilliformes, on peut reconnaître que leur structure ne diffère pas sensiblement de celle du reste du tégument.

Fig. 5. — (Microphotographie).

Les cellules épidermiques pigmentées sont accolées les unes aux autres et ne présentent dans leur

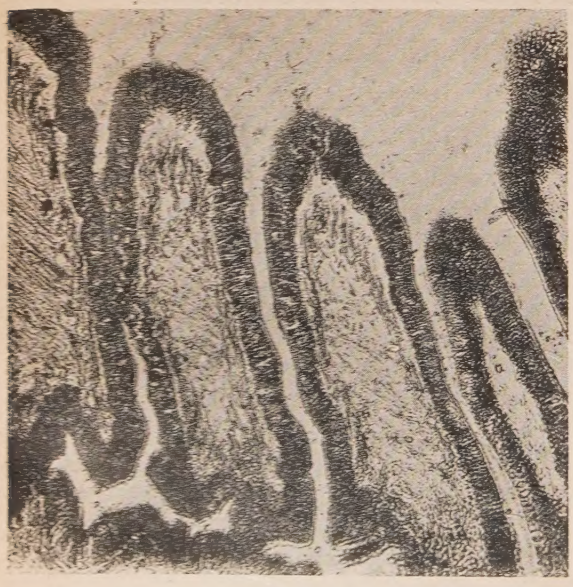


Fig. 6. — Coupe oblique des papilles (Microphotographie).

forme aucune différence fondamentale. Mais ce qu'il importe de constater, c'est que *leur terminaison interne, au lieu de former une membrane basale homogène, se continue directement avec les fibres musculaires transversales et longitudinales de la zone musculaire sous-jacente.*

Les fibrilles de cette zone vont se jeter en partie dans la 4e couche après avoir traversé la couche neuro-conjonctive et en partie aussi dans celle-ci. Enfin de grandes travées de fibres conjonctives de soutènement se dirigent en rayonnant d'une face à l'autre de la paroi du siphon où elles se terminent en bouquet. Dans l'épaisseur du siphon, elles concourent à former les gaines des muscles longitudinaux : c'est le squelette, la charpente fibreuse et élastique du siphon.

Mécanisme de la contraction du siphon. — Ces quelques données anatomiques et les observations physiologiques préliminaires, que nous connaissons, nous permettent de comprendre maintenant pourquoi nous avons vu se produire selon les circonstances deux contractions distinctes, l'une qui peut être localisée et l'autre qui est caractérisée par un mouvement d'ensemble du siphon.

Lorsque la lumière exerce son action sur les éléments épithéliaux pigmentés, elle y détermine des modifications qui ont pour effet de provoquer la contraction des fibres contractiles avec lesquelles elles se continuent. Les éléments nerveux de la couche neuro-conjonctive sont ébranlés. Cet ébranlement nerveux est communiqué aux ganglions situés à la base du siphon; de ceux-ci part l'excitation réflexe qui met en mouvement les grands muscles longitudinaux.

En somme les choses se passent comme si l'on touchait mécaniquement l'épiderme. L'excitation mécanique est remplacée par l'influence lumineuse, qui peut également faire jouer l'amorce, c'est-à-dire la cellule épithéliale. Celle-ci provoque dans la fibre musculaire qui la continue l'explosion du potentiel accumulé pendant le repos. La fibre musculaire ébranle à son tour le système nerveux.

Ce mécanisme est bien différent de celui que l'on a admis jusqu'à présent pour expliquer les sensations, puisque le système nerveux n'est influencé que très secondairement et mécaniquement. *La vision dermatoptique se produit donc ici par un véritable phénomène mécanique tactile se passant dans l'intérieur même du tégument.*

Dans cette comparaison de la sensation lumineuse avec un phénomène tactile rien ne peut choquer nos idées, puisque l'on sait qu'il suffit d'exercer sur notre œil une légère pression pour provoquer un phosphène brillant, dans l'obscurité la plus complète.

Sous ce rapport encore la peau de la Pholade peut se comparer à notre rétine; aussi donnerons-nous à ses couches superficielles le nom de *rétine dermatoptique*.

Celle-ci renferme les *éléments dermatoptiques* composés des trois segments: épithelial, musculaire et neural. Les deux premiers forment le *système avertisseur*.

III

Analyse physiologique expérimentale. — L'analyse physiologique va nous permettre maintenant d'appuyer sur de nombreuses preuves expérimentales notre nouvelle théorie du mécanisme de la vision. Mais, avant de produire les documents graphiques fournis par l'animal écrivant lui-même ses propres impressions, voyons rapidement comment on doit disposer l'expérience.

La Pholade en expérience est fixée sur une planchette par son extrémité inférieure. Ce support est immergé avec l'animal dans une cuvette pleine d'eau de mer à faces parallèles, de manière que l'extrémité du siphon soit dirigée vers la surface du liquide. L'extrémité libre du siphon est reliée au stylet d'un tambour récepteur de Marey (T, fig. 7) qui transmettra à un tambour enregistreur semblable les moindres mouvements de cet organe. Ce second tambour (S) est muni d'un stylet qui inscrit tous les mouvements transmis par le tambour récepteur sur un cylindre (*cq*) revêtu d'un papier enduit de noir de fumée.

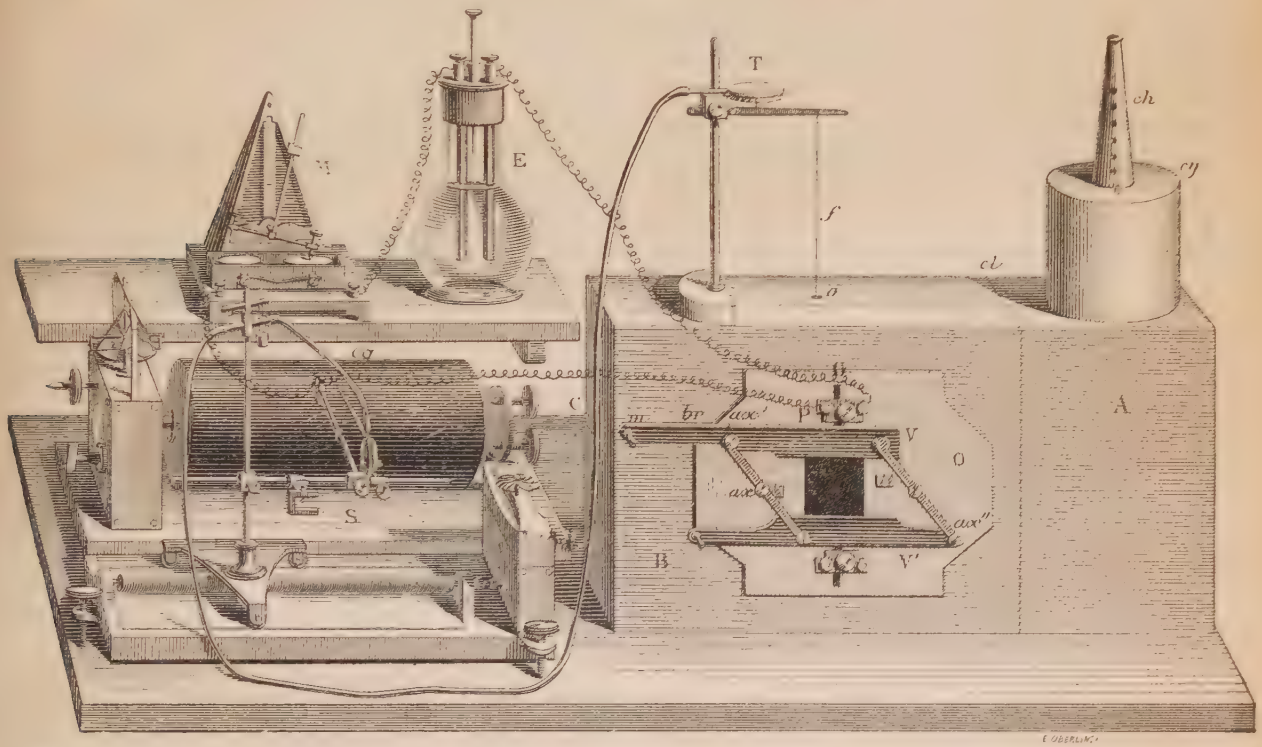


Fig. 7. — Appareil enregistreur des mouvements provoqués par l'action de la lumière sur le siphon de la Pholade. — B, chambre noire; E, pile; M, métronome; S, tambour de Marey; T, tambour récepteur; O, obturateur; *f*, fil; *ch*, cheminée; *cy*, cylindre; *cl*, cloison; *cq*, cylindre enregistreur; *o*, orifice de la chambre noire.

La cuve de verre contenant l'animal est enfermée dans une petite chambre noire (B) percée seulement d'une fenêtre et d'un petit orifice supérieur (o) pour laisser passer le fil (*f*) qui rattache le bout du siphon au stylet du tambour récepteur (T).

La petite fenêtre s'ouvre juste en face du siphon, dont on veut explorer la sensibilité à la lumière. Elle peut être ouverte ou fermée pendant un temps plus ou moins long au moyen d'un obturateur.

Celui-ci est construit de telle sorte qu'au moment précis où la fenêtre s'ouvre, un circuit électrique, dans lequel est interposé un signal (S) et un métronome (M), se trouve fermé. Pendant tout le temps que la fenêtre reste ouverte le signal inscrit, en fractions de seconde, le temps précis pendant lequel la lumière tombe sur le siphon.

Une petite cheminée en tôle (*ch*) munie d'un bec de gaz à régulateur permet de donner à la chambre noire la température voulue.

Les expériences se font dans une pièce obscure où l'éclairage du siphon peut être fourni, soit par le soleil au moyen d'un héliostat, soit par la lumière électrique, soit enfin par une lampe à gaz munie d'un régulateur. Cette lampe, dont l'intensité doit être réglée une fois pour toutes, peut glisser sur une longue planchette graduée placée devant la fenêtre. Ce dispositif est très avantageux pour la détermination de l'influence des excitations par des intensités lumineuses différentes.

Devant la petite fenêtre on peut disposer soit des cuves à faces parallèles, renfermant des solutions colorées ou athermanes, soit des verres colorés, des prismes, etc. (1).

L'expérience étant ainsi disposée, la Pholade va pouvoir écrire elle-même les impressions qu'elle éprouve sous l'influence de l'excitation lumineuse. Bien plus, si ce que nous avons dit de l'autonomie du système avertisseur est exact, le siphon seul, détaché du corps de l'animal et séparé par conséquent des ganglions situés à la racine des canaux, pourra se contracter et cette contraction dissociée pourra être inscrite sur le cylindre de l'appareil enregistreur.

En effet, si après avoir laissé un siphon sectionné à sa base reposer pendant un temps suffisant à l'obscurité, on l'excite par la lumière, il se contracte encore et l'on peut répéter l'expérience un grand nombre de fois, pendant plusieurs jours consécutifs, quand on s'est placé dans des conditions favorables.

Pour faire écrire ce lambeau de manteau détaché du corps de l'animal, il suffira de le fixer avec une épingle par son extrémité inférieure sur la planchette immergée dans la cuve à faces parallèles et d'accrocher avec un hameçon son extrémité terminale au fil du tambour récepteur.

C'est ainsi qu'avec un éclairage d'une durée de 2 secondes, fourni par une lampe de 10 bougies, placée à 0^m60 de l'obturateur, nous avons obtenu le tracé de la figure 8. Cette courbe (2) montre que

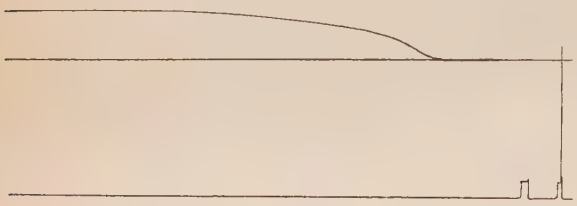


Fig. 8.

le raccourcissement du siphon isolé est le résultat d'une contraction unique, régulière, lente, progressive comme celle que l'on provoque par une légère excitation localisée de sa surface sur une Pholade entière. Elle est bien manifestement produite par la seule contraction du système avertisseur. Est-ce à dire pour cela que les grands muscles longitudinaux, qui permettent à l'animal entier de grands mouvements volontaires, ont perdu toute contractibilité? En aucune façon, et il est facile de démontrer que cette propriété est restée intacte. Ce qui manque, c'est l'excitation motrice ou réflexe, dont le point de départ est dans les ganglions restés dans le tronc de la Pholade.

Prenons un autre siphon détaché et excitons-le d'abord par la lumière, nous obtenons un tracé en tout semblable au précédent par ses caractéristiques.

Remplaçons maintenant l'excitation réflexe absente par une courte excitation galvanique, sans faire intervenir la lumière, nous obtenons une courbe (fig. 9) absolument différente de la première. Cette fois le retrait du siphon s'est manifestement produit en deux temps, il y a eu deux contractions successives : la première brusque, énergique, est celle des muscles longitudinaux centraux ; la seconde superposée à celle-ci est au contraire plus faible, plus lente, régulièrement progressive : c'est celle du système avertisseur.

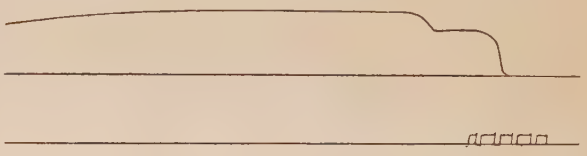


Fig. 9.

Bien plus, si l'on fatigue une Pholade entière dans l'obscurité par des décharges électriques successives, le pouvoir réflexe du ganglion nerveux et la contractilité des grands muscles centraux s'épuise : on n'obtient plus alors, malgré l'intégrité anatomique de l'animal, par l'excitation lumineuse même intense, que la contraction du système avertisseur, qui se fatigue moins vite dans ces conditions. Inversement, si l'on excite par l'électricité un siphon *détaché* et exposé à la lumière, on obtient une contraction unique, celle des grands muscles longitudinaux, le système avertisseur étant contracté d'avance ou épuisé par l'action prolongée de la lumière (fig. 10). Si maintenant,

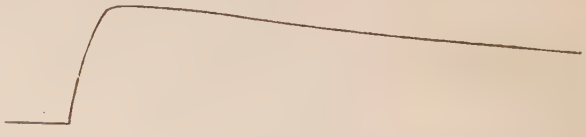


Fig. 10.

au lieu d'un siphon détaché, on excite par la lumière une Pholade entière, on pourra obtenir, au lieu d'une contraction unique, deux contractions successives nettement accusées dans les tracés des figures 11 et 12. Mais, on remarquera immédiatement que, à l'inverse de ce que nous observons dans le tracé de la figure 9, la double contraction commence par celle du système avertisseur, dont nous avons indiqué plus haut les caractères.

(1) Pour les éclairages de très courte durée, nous nous sommes servi avec avantage de l'ingénieux obturateur imaginé par M. Chavanon.

(2) Pour l'interprétation exacte des renseignements fournis par la méthode graphique, il est important de savoir que la grandeur des aires circonscrites par les courbes varie avec la taille de l'animal, la longueur du siphon, sa vigueur personnelle. La personnalité de ce mollusque ne s'accuse que par la quantité de travail, mais non par la nature de ce travail.

Ces faits expérimentaux démontrent de la manière la plus nette le mécanisme fonctionnel des mou-

Fig. 11.

vements produits par l'excitation lumineuse, dont nous avons donné déjà l'explication, en nous basant

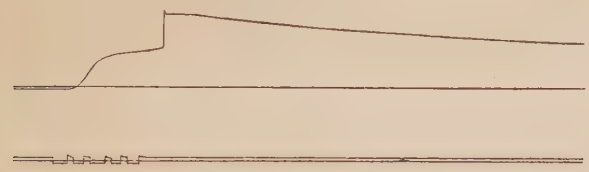


Fig. 12.

sur l'observation anatomique et physiologique.

Il est donc bien établi que non seulement la Pholade voit sans yeux, mais qu'elle peut encore écrire ses impressions visuelles. On est frappé, en outre, de l'analogie existant entre le mécanisme qui produit la contraction réflexe du siphon et celui qui préside à la contraction de l'iris, quand un rayon lumineux vient frapper notre rétine.

Mais on peut encore pousser plus loin la comparaison en recherchant jusqu'à quel point la sensibilité de la peau d'un mollusque peut se rapprocher de celle de notre rétine.

IV

Malgré son état d'imperfection, la Pholade peut-elle, comme nous, saisir le passage d'un éclair? Quelle est la durée minima nécessaire pour provoquer chez elle une sensation lumineuse? Peut-elle comme nous distinguer de faibles clartés? Sait-elle percevoir les intensités diverses d'une lumière qui s'éloigne ou se rapproche et mesurer la valeur de ces intensités? Enfin cet aveugle, cet être sans yeux véritables, peut-il discerner les couleurs? Voit-il les mêmes nuances que nous? Leur spectre visible est-il plus restreint ou plus étendu que le nôtre? Est-il, comme pour nous, continu, passant sans transition sensible d'une teinte à une autre? C'est encore la pholade qui va répondre en écrivant ce qu'elle ressent (1).

Durée de l'éclairage. — Un éclairage instantané peut-il impressionner la Pholade? D'un grand nombre d'expériences faites avec l'ingénieux obturateur de M. Chavanon on peut conclure que, dans de bonnes conditions, avec une lampe de dix bougies, placée à 0^m30, la durée minima de clarté sensible n'excède pas $\frac{2}{100}$ de seconde. Mais, à cette limite inférieure, il est très probable que la sensation provoquée dans la rétine dermatoptique n'est pas perçue par les centres nerveux ganglionnaires de la Pholade, car on observe seulement la contraction du système avertisseur.

Parfois cependant, cette contraction de l'avertisseur peut-être, au bout d'un temps prolongé, suivie de la contraction réflexe des grands muscles longitudinaux. Celle-ci est alors remarquable par sa brusquerie, son instantanéité, qui la fait ressembler absolument à la détente d'un ressort (fig. 13 et 13 *bis*).

Fig. 13.

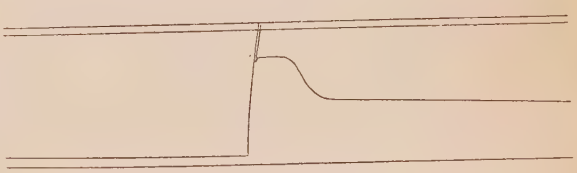


Fig. 13 *bis*. — (Continuation de la figure précédente).

Les figures 14 et 15 montrent, en outre, que l'animal pourra apprécier la durée de l'éclairage puisque déjà, avec un écart de $1/100^{me}$ de seconde,

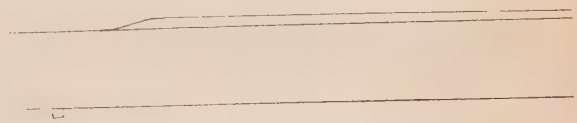


Fig. 14 ($2/100^{me}$).

on obtient une différence dans l'amplitude de la contraction et dans la durée de la période latente, pour le système avertisseur.

Fig. 15 ($3/100^{me}$).

Intensités. — La lampe de dix bougies étant placée à une distance (d) de 0.60 centimètres, par exemple, de l'obturateur, si l'on fait deux excitations lumineuses, d'une même durée de 2 secondes, à une heure d'intervalle, on aura deux tracés identiques (siphon isolé). Mais, si on éloigne de plus en plus la lampe, on voit peu à peu aug-

(1) A la température de 15° la Pholade possède une sensibilité et une résistance suffisantes pour se prêter, en été, à toutes les opérations. Il faut avoir soin dans les expériences comparatives de laisser entre chaque essai un repos d'au moins 15 minutes.

menter la durée de la période latente et diminuer l'amplitude de la courbe (fig. 16, 17, 18, 19). Pour

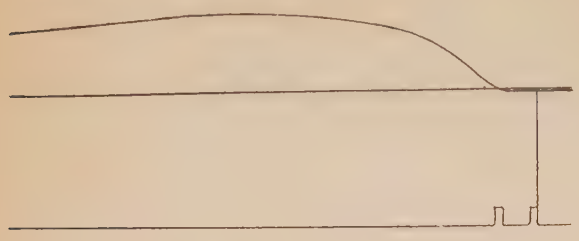


Fig. 16 ($d = 0^m,70$).

éviter les perturbations produites par la fatigue dans les expériences en séries, il est préférable de

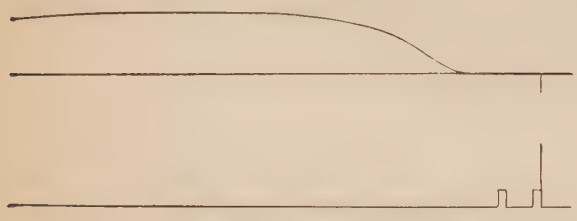


Fig. 17 ($d = 0^m,80$).

placer alternativement la lampe à 100 centimètres et à 10 centimètres. Dans ces conditions, nous avons

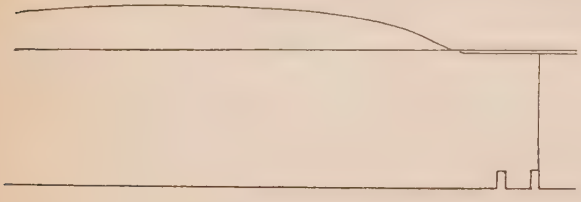


Fig. 18 ($d = 0^m,90$).

trouvé que lorsque l'éclairage devenait 100 fois plus faible, l'amplitude de la courbe devenait dix fois

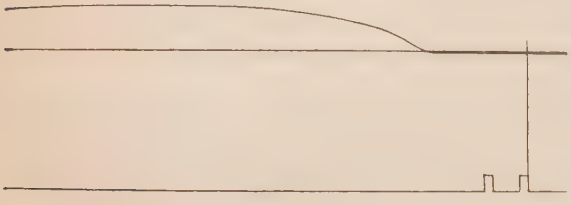


Fig. 19 ($d = 1^m,00$).

moindre et la durée de la période latente environ deux fois plus longue.

Minimum d'intensité perceptible. — On trouve, en éloignant la lampe jusqu'à ce que la lumière ne donne plus qu'une contraction imperceptible, que la lueur la plus faible, capable de provoquer une sensation, est égale à $1/400^{me}$ de bougie.

La Pholade peut donc, comme nous, distinguer de faibles clartés et apprécier avec une grande précision la valeur des intensités lumineuses.

V

Vision dermatoptique des couleurs. — Si l'on fait tomber sur l'ouverture de l'obturateur successivement les différentes zones du spectre solaire ou du spectre électrique, on constate que l'on peut provoquer des contractions du siphon isolé ou de la Pholade entière par toutes les radiations colorées que notre œil peut voir. La Pholade voit donc les mêmes couleurs que nous.

Comme nous, elle est insensible aux radiations ultra-violettes et infra-rouges, ce qui démontre que les contractions observées ne sont dues ni à des radiations chimiques, ni à des radiations calorifiques. On peut encore s'assurer que ces dernières n'ont aucune influence sur les phénomènes en question en interposant sur le trajet des radiations lumineuses actives une cuve remplie d'une solution d'alun concentrée. On obtiendra, avec la même radiation, avant et après l'interposition de la solution athermane, la même courbe. Au contraire, le plus léger déplacement du prisme, lorsque la Pholade est éclairée par des radiations franchement vertes, par exemple, suffira pour provoquer une contraction dans le jaune-vert. *Notre mollusque voit donc bien les couleurs, puisqu'il sait distinguer jusqu'aux nuances.*

S'agit-il ici d'une différence d'intensité lumi-

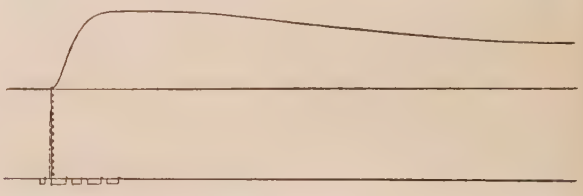


Fig. 20 (jaune).

neuse ou d'une véritable sensation chromatique? En étudiant les caractères des figures 20, 21, 22,

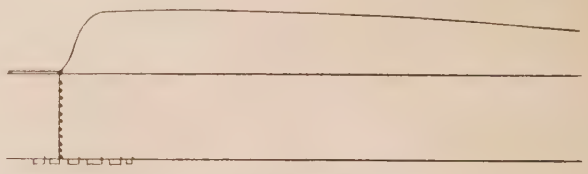


Fig. 21 (vert).

23, 24 obtenus avec une même source lumineuse et des verres colorés de différente nature, au

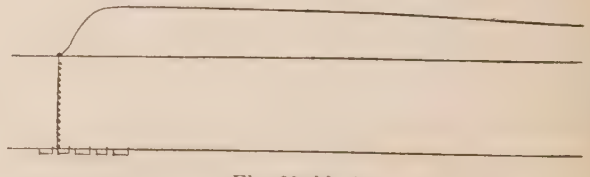


Fig. 22 (bleu).

moyen d'un siphon isolé, si on ne tient compte que de l'amplitude et de la durée de la période

latente, on peut être tenté de croire que l'intensité lumineuse seule entre en jeu. Mais on remarque

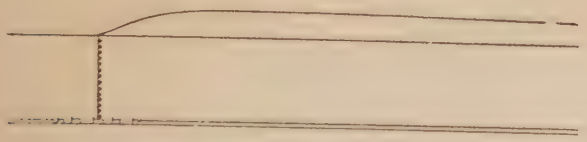


Fig. 23 (violet).

immédiatement que la forme de ces contractions n'est pas la même que celle des tracés 14 à 18.

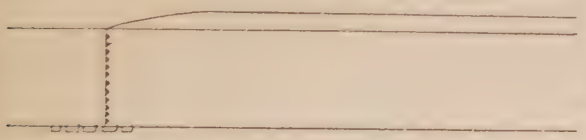


Fig. 24 (rouge).

Avec les radiations colorées, la différence caractéristique porte sur la rapidité de la contraction, qui diminue progressivement du jaune au rouge. Ce simple changement dans le jeu du système avertisseur suffit pour modifier profondément le phénomène réflexe, qui prend naissance dans les ganglions sensoriels de la Pholade entière et aussi la contraction des muscles centraux qui nous en révèle l'existence. Pour chaque radiation colorée, la Pholade entière donne une courbe caractéristique résultant de l'action combinée du système avertisseur et du système moteur central du siphon. Dans les courbes qui expriment la sensation du jaune, du vert, du bleu (25, 26, 27, 28, 29)

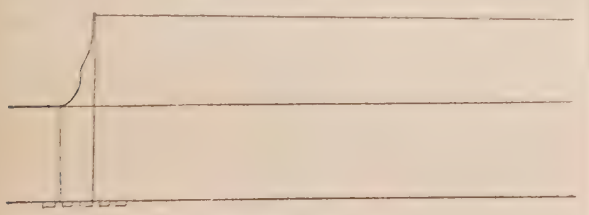


Fig. 25 (jaune).

la contraction de l'avertisseur se confond presque avec la contraction réflexe qui la suit de très

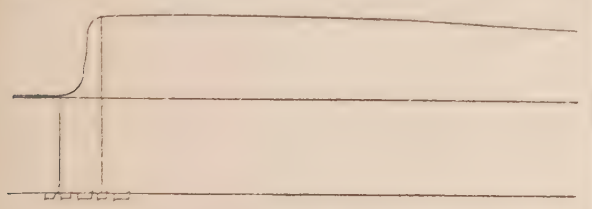


Fig. 26 (vert).

près, sauf avec les radiations rouges. Il est possible aussi qu'une radiation, comme celle du violet, ne provoque que le mouvement du système avertisseur : dans ce cas, il y a sensation, mais non perception.

Des expériences que nous venons de rapporter il résulte que la notion d'intensité est fonction,

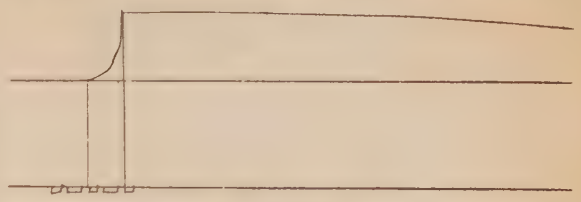


Fig. 27 (bleu).

pour un même individu, de l'amplitude du mouvement de l'avertisseur et que la sensation de

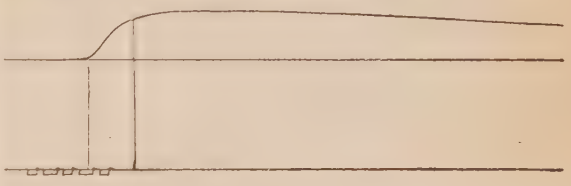


Fig. 28 (violet).

couleur est déterminée surtout par la rapidité de ce mouvement, comme dans l'audition la hauteur

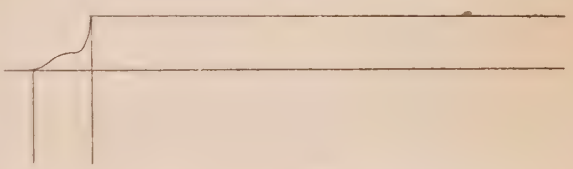


Fig. 29 (rouge).

d'un son est fonction de la rapidité des vibrations sonores et son intensité de l'amplitude de celles-ci.

VI

L'ensemble de tous ces faits fournis par l'observation et l'expérimentation prouve que les propriétés physiologiques de la peau de notre mollusque se rapprochent singulièrement de celles de l'œil humain. La comparaison peut être poussée plus loin encore.

Déjà dans l'œil de certains invertébrés, les éléments fondamentaux de la vision présentent une grande analogie de structure avec les éléments dermatoptiques de la peau du siphon de la Pholade. Dans une coupe microscopique de l'œil de l'écrevisse on rencontre (fig. 30) de dehors en dedans : 1° une couche transparente et réfringente, qui représente la cuticule de la couche externe de notre rétine dermatoptique ; 2° une couche formée de cellules à pigment, en continuité avec des fuseaux striés qui vont se jeter dans une agglomération d'éléments nerveux formant le ganglion optique. Cette disposition rappelle de tous points les trois parties constituantes de l'élément dermatoptique situées au-dessous de la cuticule : le

segment épithélial pigmentaire, le segment musculaire, le segment neural.

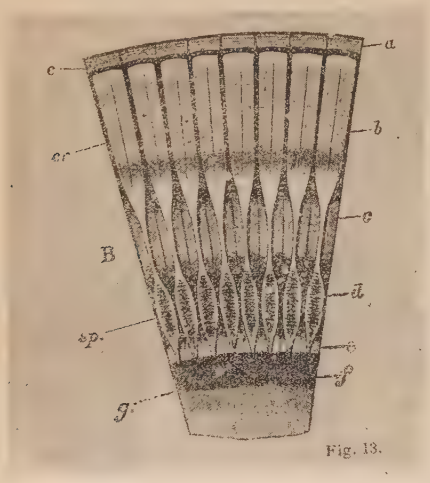


Fig. 13.

Fig. 30. — Coupe de l'œil de l'écrevisse fortement grossi (d'après Huxley). — *a*, cornée; *b*, zone sombre externe; *c*, zone blanche externe; *d*, zone sombre moyenne; *e*, zone blanche interne; *f*, zone sombre interne; *cr*, cônes cristallins; *g*, ganglion optique; *sp*, fuseaux striés.

Bien plus, la striation des fuseaux de l'œil de l'écrevisse, qui sont actuellement considérés comme les homologues des cônes et des bâtonnets de notre rétine, est un caractère morphologique très général de ces éléments constituants de notre rétine. Ce caractère important permet de les comparer aux fibres musculaires et cette interprétation anatomique est d'autant mieux justifiée que Engehlmann et Von Deren Strort ont démontré que les cônes et les batonnets sont contractiles. Pour établir une homologie morphologique complète entre la peau de notre mollusque et la rétine d'un vertébré, il était nécessaire de démontrer que dans celle-ci, comme dans l'œil de l'écrevisse, il y a continuité entre le segment pigmentaire et les batonnets optiques. Or, c'est précisément ce qui ressort nettement des recherches histologiques que nous avons récemment entreprises avec M. Renaut sur les rapports des franges pigmentaires et des batonnets dans la rétine du caméléon et de la lamproie (fig. 31, 32).

L'anatomie et la physiologie comparée concordent donc pour établir que notre théorie de la vision dermatoptique peut s'appliquer au mécanisme de la vision chez l'homme, dont on n'avait pu jusqu'à présent donner aucune explication satisfaisante.

La vision est ainsi réduite à un phénomène tactile et nous montrerons plus tard que ce mécanisme sensoriel est très général.

Grâce à la physiologie comparée, cette science née d'hier, on pourra appliquer à d'autres sens qu'au goût cette conception philosophique formulée au XIIe siècle par saint Thomas d'Aquin : *Ergo non debet poni alter sensus præter tactum.* Mais, il n'aura pas fallu moins de huit siècles pour transformer l'hypothèse du philosophe en vérité scientifique.

Fig. 31. — Coupe microscopique de la rétine du Caméléon, montrant la continuité des cônes (*cn*) et des franges pigmentaires (*fp*) (Microphotographie).

Fig. 32. — Coupe microscopique de la rétine d'une Lamproie, montrant la continuité des cônes (*cn*) et des franges pigmentaires (*fp*) (Microphotographie).

Raphaël Dubois,
Professeur
à la Faculté des Sciences de Lyon.

LA VITESSE DE PROPAGATION DES MOUVEMENTS DANS UN FLUIDE INDÉFINI

Les recherches faites par H. Hugoniot et publiées, après sa mort, dans le *Journal des Mathématiques pures et appliquées* (1), élucident d'une façon complète un problème, depuis longtemps posé par les physiciens, mais dont la solution rigoureuse n'était connue que dans des cas très particuliers.

I

On sait comment l'étude du son, celle de la lumière, ont conduit à considérer les vitesses de la propagation d'un ébranlement dans une masse fluide. Pour les calculer, il fallait supposer des conditions assez simples pour que toutes les circonstances du mouvement fussent mises immédiatement en évidence.

C'est ainsi qu'afin d'obtenir la vitesse du son dans une conduite cylindrique, on exige que chaque tranche, située dans une section droite de la conduite, reçoive un déplacement d'ensemble et que l'ébranlement produit donne lieu à de faibles dilatations. Ces hypothèses étant vérifiées, le mouvement tout entier peut être prévu; une tranche quelconque, dont la distance à l'origine de la conduite est x, prend, après un certain temps t, le mouvement qu'avait d'abord subi la première tranche; le rapport $\frac{x}{t}$ demeure constant, quelle que soit la tranche considérée et c'est lui qu'on regarde comme représentant la vitesse de propagation du mouvement dans la conduite.

Dans cette théorie, rien n'autorise à penser qu'un ébranlement déterminé à une extrémité de la colonne gazeuse se propage encore avec une vitesse constante, s'il s'accompagne d'un changement notable de pression. Il est possible, même en ce cas, de connaître le mouvement qui prend naissance, si le gaz était primitivement au repos; et ce résultat est donné par un premier mémoire de H. Hugoniot; cependant, après qu'il s'est fait une ou plusieurs réflexions dans la conduite, le mouvement qui leur succède n'est point en général de ceux que l'on sait calculer et la vitesse avec laquelle il se propage demeurait, comme conséquence, impossible à évaluer. Il y a plus : le mode de raisonnement, employé pour définir et se représenter cette vitesse de propagation dans les cas simples, convenait mal dès qu'il fallait imaginer pour elle une expression variable à chaque instant et cette difficulté de principe est néanmoins inévitable.

Des circonstances analogues se sont présentées dans l'étude de la lumière; c'est seulement lorsqu'il s'agit des ondes planes ou sphériques que l'on avait une définition immédiate de leur vitesse de propagation et en même temps l'expression de cette vitesse, qui est une constante.

Les conditions nécessaires au succès de la méthode étaient toujours les suivantes :

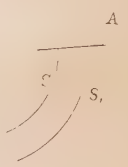
1° Que le mouvement fût entièrement connu, exprimé par des formules analytiques explicites.

5° Que chaque point du fluide, après un intervalle de temps, variable d'ailleurs avec sa position, reproduisît exactement le mouvement déterminé d'abord à l'origine, c'est-à-dire que la vitesse de propagation cherchée fût une constante.

II

Les choses se présentent sous un aspect tout différent, si l'on veut définir la vitesse de propagation comme il est fait dans les Mémoires déjà cités.

Pour préciser, imaginons une masse fluide, séparée en deux parties par une surface S; d'un côté de cette surface, il existe un mouvement A, l'un quelconque de ceux que la masse fluide peut recevoir; de l'autre, par suite de conditions convenables, un second état B a pris naissance. Hugoniot dit qu'il y a propagation de ce dernier mouvement, lorsque, à un instant très proche de celui que l'on considérait, la masse fluide est encore animée des mouvements A et B, la surface de séparation s'étant changée seulement en une autre, S_1, très voisine de la première. Cela étant, par un point de S menons la normale à cette surface : une portion très petite de cette normale est interceptée entre S et S_1, et le rapport de cette longueur à l'intervalle de temps qui s'est écoulé pendant le changement survenu, est la vitesse de propagation du mouvement B, aux dépens du mouvement A. Cette vitesse peut varier, on le voit, avec le point choisi sur S, elle peut aussi se modifier avec le temps, mais cette généralité n'en rendra pas le calcul plus difficile.



Voici maintenant les principes auxquels se rattache toute cette question :

(1) *Journal des Mathématiques*, dirigé par M. Jordan, 1887 et 1888.

La continuité ne peut être troublée en aucun point de la masse fluide et, comme conséquence, les vitesses et les pressions qui répondent aux états de mouvement A et B sont égales en tous les points de S. Telles sont les relations qui doivent être satisfaites sur cette surface et se conserver lorsqu'elle a été remplacée par une autre, très voisine. Elles sont particulières aux deux mouvements que l'on considère et définissent la surface de l'onde. Il en est d'autres, au contraire, qui traduisent seulement les propriétés générales du fluide et conviennent à tous les états qu'il peut prendre; ce sont des équations aux dérivées partielles. Or, ces dernières, jointes aux précédentes, donnent par une analyse presque élémentaire, l'expression de la vitesse de propagation cherchée. On en conclut d'abord la proposition suivante :

La vitesse de propagation d'un mouvement dans un fluide est déterminée par l'état du fluide; elle ne change point, quelle que soit la nature du mouvement qui s'y propage, pourvu qu'aucune discontinuité ne se produise.

Afin de bien saisir la signification de ce résultat, il faut remarquer d'ailleurs qu'étant donné un état de mouvement A, tout autre mouvement B, compatible avec les propriétés du fluide ou, ce qui est la même chose, avec les équations différentielles qui les représentent, n'est pas nécessairement susceptible de se propager aux dépens de A. Un phénomène plus compliqué peut prendre naissance et c'est un point que mettent en lumière les recherches antérieurement faites par Hugoniot dans un cas plus simple.

III

Il est facile de s'en rendre compte, quand les mouvements dont il s'agit s'effectuent par tranches parallèles, dans une conduite cylindrique. Les portions du fluide animées des mouvements A et B sont séparées d'abord par une tranche S; un troisième mouvement y prend aussitôt naissance et se propage, d'un côté aux dépens de A, de l'autre aux dépens de B. Cette modification curieuse offre les plus grandes analogies avec les phénomènes que l'on désigne sous le nom de réflexions et qui se produisent dans des circonstances un peu différentes.

Quant à l'expression mathématique de la vitesse de propagation, elle présente un intérêt spécial, en raison du petit nombre d'éléments qu'elle fait intervenir. En effet, si la conductibilité du fluide pour la chaleur est négligeable, comme on le va supposer, il y a une relation caractéristique et connue entre la densité ρ et la pression p, de sorte que, l'une de ces quantités étant donnée, la seconde s'en déduit par une loi générale :

$$p = f(\rho).$$

Soit maintenant N la vitesse d'un point appartenant à la masse fluide et situé sur la surface S, cette vitesse étant comptée normalement à la surface. La vitesse de propagation V s'exprime, au point considéré, de cette manière :

$$V = N \pm \sqrt{\frac{dp}{d\rho}}$$

et cela, quel que soit l'état initial du fluide, quel que soit aussi le mouvement qui s'y propage. Ces circonstances, propres à chaque cas particulier, n'interviennent pas explicitement; elles sont nécessaires pour déterminer la densité et par suite la pression, ainsi que la vitesse N au point dont il s'agit; mais si l'on imagine que ces éléments soient obtenus d'une façon quelconque, la vitesse de propagation V s'en déduira par la même formule dans tous les cas possibles.

Cette formule, au reste, était bien connue, lorsqu'il était question des mouvements simples dont l'étude peut être faite immédiatement; mais ici les conditions qui déterminent le mouvement peuvent être quelconques; le mouvement qui prend naissance peut être inconnu; si l'état primitif du fluide est donné, la vitesse de propagation l'est par cela même. En outre, ni la viscosité du fluide, ni des forces appliquées en chacun de ses points et dépendant uniquement de la position et de la vitesse de ce point ne peuvent changer l'expression générale de la vitesse de propagation.

La méthode indiquée s'étend même à tous les mouvements régis par un système d'équations aux dérivées partielles du second ordre, notamment à ceux qu'il faut étudier dans la théorie de l'élasticité ou dans celle de la lumière. J'ajoute qu'il se produit dans ces derniers cas une circonstance particulière fort importante. Les équations qui s'y rattachent ayant tous leurs coefficients constants, les valeurs de la vitesse de propagation sont entièrement déterminées pour chaque direction normale à la surface S. Les formules obtenues sont d'accord avec celles que donnent la considération des ondes planes et le principe d'Huyghens, mais pour les déduire des équations différentielles, base des recherches sur ce sujet, les procédés sont directs et n'impliquent aucune hypothèse.

R. Liouville,
Répétiteur à l'Ecole Polytechnique

LES POLYNÉVRITES (1)

Il n'est souvent rien de plus intéressant ni de plus instructif en médecine, que de suivre la marche des idées, de rechercher les causes de la direction qu'on leur voit prendre.

Si l'on étudie, par exemple, l'histoire des maladies du système nerveux pendant ces trente dernières années, où Charcot et l'École de la Salpêtrière ont élevé ce superbe édifice de la Pathologie nerveuse contemporaine, on est frappé de voir quelle énorme part, dans la genèse de ces maladies, est faite aux centres nerveux, relativement à celle attribuée aux nerfs périphériques; mais, on en saisit bientôt le pourquoi dans ce fait que l'évolution considérable qui s'accomplit alors, avait son impulsion première dans les Mémoires cliniques de Duchenne (de Boulogne), qui par une sorte d'intuition géniale avait esquissé toute la pathologie de la *moelle*, puis dans les recherches anatomo-physiologiques qui suivirent l'immortelle découverte par Broca de la première *localisation cérébrale*, celle du langage articulé, dans la troisième circonvolution frontale gauche. Et si dès lors, on voit, avec les Hitzig, les Ferrier, les Vulpian, les Brown-Séquard, les Charcot, etc., etc., physiologie, anatomie pathologique, médecine expérimentale et clinique se prêter un mutuel concours dans la solution des problèmes soulevés, on voit aussi expérimentateurs et cliniciens diriger vers les centres nerveux toutes leurs recherches relatives à ces problèmes. Pour préciser : toutes les fois qu'une altération de la motilité ou de la sensibilité est observée, la première idée qui vient à l'esprit est de rechercher quelle lésion des centres peut bien lui avoir donné lieu, les nerfs périphériques (en dehors des cas de névrites localisées, d'ordre spécial, par compression ou *à frigore*), étant considérés comme de simples agents de transmission.

Ainsi s'explique comment passèrent presque inaperçus les travaux de Duménil (de Rouen) (2) qui rapportait « à une lésion nerveuse périphérique toute une série de paralysies atrophiques généralisées », montrant ainsi que « les nerfs pouvaient s'altérer primitivement, sans modification antérieure de leurs centres trophiques ». Mais, c'était à l'époque où l'anatomie pathologique (Luys, Vulpian et Prévost) venait de prouver que, dans les cornes antérieures de la moelle, au niveau des cellules multipolaires, se trouve le centre trophique des fibres motrices; où fut érigé à l'état de dogme, « que toute destruction des cellules motrices des cornes antérieures entraîne à sa suite une atrophie musculaire, et inversement, que toute atrophie musculaire (non traumatique) relève d'une altération médullaire ». Et alors, on rapporta à une origine spinale, non seulement l'atrophie musculaire progressive, la paralysie infantile, etc., etc., mais encore les *paralysies* survenant dans le *cours* ou la *convalescence* des *maladies aiguës*; et ces idées étaient si bien ancrées dans l'esprit des pathologistes, qu'Erb, Remak et autres n'hésitèrent pas, contrairement à l'opinion de Charcot, à assigner une pathogénie médullaire à la paralysie saturnine, bien qu'elle paraisse un type de paralysie périphérique. Du reste, les autopsies étaient-elles négatives quant aux lésions spinales, mais positives quant aux lésions des nerfs, on invoquait, pour expliquer ces dernières, un trouble dynamique des cellules de la colonne grise antérieure, et ainsi se trouvait conservé dans son entier le rôle pathogénique de la moelle.

Cependant, dans l'esprit du plus grand nombre, en France surtout, grâce aux travaux de Lancereaux, puis de Gombault, de Déjerine, etc. etc. la paralysie saturnine était considérée comme dépendant d'une névrite périphérique; mais elle avait un rang à part, lorsque l'on reconnut que n'étaient pas rares certaines formes pathologiques « à modalités cliniques variables, à étiologie multiple », qui coïncidaient avec des altérations névritiques plus ou moins étendues, plus ou moins intenses, alors que l'intégrité de la moelle était complète. Bientôt s'établit la relation de cause à effet, et alors fut reconnue l'autonomie du système nerveux périphérique, réclamée déjà par Duménil, il y a vingt-cinq ans.

Ce qu'est aujourd'hui cette autonomie, les résultats qu'elle a produits, c'est ce que vient d'exposer récemment Mme Déjérine-Klumpke, dans un travail remarquable (1) où, mettant au service de son expérience propre un esprit profond d'analyse, l'auteur a placé sous nos yeux un tableau aussi exact que complet de l'état actuel de la science en la matière. En l'étudiant avec soin, on verra quelle place, de plus en plus grande chaque jour, prend le système nerveux périphérique dans la pathologie nerveuse, avec quelle rapidité il y a conquis cette place.

(1) Mme Déjérine-Klumpke : *Des Polynévrites en général et des paralysies et atrophies saturnines en particulier.* Paris, Félix Alcan, 1889.

(2) Duménil (de Rouen), — Paralysie phériphérique etc., etc. *Gazette hebdomadaire*, 1864, etc. Contribution pour servir à l'histoire des paralysies phériphériques et spécialement de la névrite. *Gazette hebdomadaire*, 1866.

(1) Mme Déjérine-Klumpke. *loc. cit.*

Rien de plus facile, du reste, que de se rendre compte de l'intensité de ce mouvement. On sait aujourd'hui que, relativement à l'étiologie des polynévrites, une part à peu près égale est dévolue aux maladies infectieuses aiguës et aux maladies toxiques. Or, en 1880, la Faculté donnait parmi les sujets de Thèses au Concours d'agrégation : « Des Paralysies dans les maladies aiguës » ; Landouzy fit à ce propos un Mémoire remarquable dont on peut dire sans exagération qu'il devançait de beaucoup son époque ; on y trouve ce principe de pathologie générale qu'il n'y a « de la part des maladies aiguës, derrière toutes ces paralysies, qu'une question d'affinités organiques, de déterminations et de *localisations morbides* ». Ce n'est qu'en s'appuyant sur l'analyse des faits cliniques, en interprétant ces faits, en procédant en quelque sorte par exclusion, que l'auteur put justifier sa manière de voir sur les *localisations névritiques*. Ainsi, dans la fièvre typhoïde, « l'existence d'une *névrite* » lui paraissait « *seule* pouvoir fournir la raison d'une localisation étroite de la paralysie », de même dans le choléra, dans la variole, dans le rhumatisme aigu, dans la tuberculose sur laquelle il insistait tout particulièrement en rappelant « combien étaient fréquentes les névrites douloureuses des phtisiques ». Cette opinion qui pouvait alors paraître très osée est aujourd'hui vérité indiscutable ; — à l'observation, si remarquable à tous les points de vue, faite par Joffroy, de névrites sans lésion médullaire dans un cas de variole grave, à celle analogue de Eisenlhor (de Hambourg) chez un tuberculeux, étant venues depuis lors se joindre de nombreuses preuves anatomiques. — Six années plus tard, en 1886, « des Paralysies toxiques » sont traitées dans un nouveau Concours d'agrégation ; Brissaud donne sur ce sujet un Travail dont l'éloge n'est plus à faire ; il montre comment les substances toxiques agissent plus sur les nerfs périphériques que sur les centres ; le chapitre le plus considérable de son Mémoire est consacré aux paralysies par *névrites périphériques ;* preuves anatomiques en main, il peut démontrer la part énorme que prennent ces névrites dans la pathogénie des paralysies toxiques. Quel chemin parcouru ! Depuis lors, les faits se sont accumulés et le travail de Mme Déjérine-Klumpke vient de placer définitivement les polynévrites dans le cadre nosologique.

Ce terme de Polynévrites s'applique parfaitement à l'ensemble, ou mieux aux ensembles symptomatiques qu'il a pour but de définir ; il dépeint la nature « essentiellement polymorphe » (Raymond) de ces affections, dont la symptomatologie varie suivant la topographie des altérations névritiques, et dépend « non seulement de l'extention et de la gravité de la lésion nerveuse périphérique, mais encore de son siège, de sa localisation et de la fonction des nerfs (sensitifs, moteurs, mixtes ou trophiques) qu'elle affecte. »

Cette variabilité, nous la retrouvons aussi bien dans le siège, que dans l'étendue, que dans la marche des lésions. En effet, si, à la rigueur, on peut diviser les Polynévrites en deux classes comprenant, l'une les formes *sensitives*, l'autre les formes *motrices*, il n'en est pas moins vrai que, dans la grande majorité des cas, on se trouve en présence de formes *mixtes* dans lesquelles on observe égalité des troubles moteurs et sensitifs, ou bien prédominance, absolue ou plus ou moins accentuée, des uns ou des autres. Ainsi, même aux deux extrémités de l'échelle, dans la polynévrite alcoolique, sensitive par excellence, les troubles moteurs sont fréquents ; dans la polynévrite saturnine, type de forme motrice, Mme Déjérine-Klumpke a démontré l'existence presque constante de troubles sensitifs. — D'autre part, la polynévrite peut « se localiser à un membre, à un segment de membre, à un ou plusieurs troncs nerveux, ou à un groupe musculaire indépendamment de son innervation périphérique, » ou se généraliser avec summum moteur ou sensitif, et cela, soit en suivant une marche plus ou moins lente, soit en affectant une allure rapide, rappelant alors l'évolution des maladies infectieuses aiguës.

C'est même dans ce dernier cas, et dans celui-là seulement, que la Polynévrite, « revêtant les allures de la paralysie ascendante aiguë », affecte un caractère de gravité tel qu'elle peut entraîner rapidement la mort, car presque toujours elle constitue une affection curable, dans un laps de temps qui varie suivant l'intensité et l'étendue des lésions névritiques.

Celles-ci se présentent généralement « sous les traits bien connus de la névrite parenchymateuse : segmentation de la myéline, prolifération des noyaux des segments inter-annulaires, disparition du cylindre-axe, atrophie plus ou moins complète des fibres nerveuses, » avec un maximum d'intensité dans les ramuscules nerveux terminaux ; beaucoup plus rarement ce sont les lésions d'une névrite « interstitielle, inflammatoire, aiguë » que l'on observe.

Nous n'avons pas ici à entrer dans l'analyse étaillée de ces altérations ; celà nous entraînerait dans la description des nombreuses variétés cliniques qui en dépendent et dont il nous aura suffi d'esquisser l'ensemble ; non plus que dans les questions de diagnostic, les unes indiscutées aujourd'hui, les autres encore soumises à controverse ; mais, ce qu'il nous faut dire, c'est que certaines affections, comme la paralysie générale

spinale antérieure subaiguë de Duchenne, comme la paralysie ascendante aiguë de Landry, ne semblent être « qu'une modalité clinique de la névrite multiple », que chaque jour voit s'étendre le domaine des Polynévrites, à mesure que leur marche, leur évolution, leurs caractères cliniques sont mieux observés, à mesure surtout que leur étiologie est mieux connue.

En même temps que les observations se multipliaient, en effet, les Polynévrites de causes obscures, indéterminées devenaient plus rares, et aujourd'hui que dans l'immense majorité des cas, ces causes peuvent être établies, on est en droit de se demander si le temps est bien éloigné, où disparaîtront complètement ces formes décrites par Leyden sous le nom de *spontanées*.

On sait maintenant quelle part énorme revient, dans cette étiologie, aux maladies infectieuses à évolution aiguë ou chronique. Au premier rang, la diphtérie qui, bien qu'elle localise le plus souvent ses effets au voile du palais, n'en est pas moins susceptible de les généraliser sous forme de paralysies; puis la fièvre typhoïde dans le cours de laquelle Pitres et Vaillard ont pu suivre l'évolution de la névrite, depuis le simple état congestif qui ne se manifeste pendant la vie que par des troubles de la sensibilité, jusqu'à l'altération profonde du nerf qui produit, suivant son intensité, des troubles de la motilité avec ou sans atrophie; la variole, le choléra, la fièvre infectieuse rhumatismale, l'impaludisme, l'infection puerpuérale. Dans l'ordre chronique : la tuberculose, principalement dans sa forme lente, la syphilis, la lèpre, au cours de laquelle s'expliquent par les névrites, les anesthésies, les ulcérations, les gangrènes.

Non moins grande est l'influence des maladies toxiques. Tout d'abord apparaît l'intoxication saturnine comme la plus fréquente, comme celle dont les effets sont les mieux connus, et dont l'étude a servi de base aux travaux de Mme Déjérine-Klumpke ; puis l'alcoolisme (Lancereaux) se faisant remarquer par l'intensité des troubles successifs qu'il détermine, par cet ensemble de symptômes à forme ataxique que Déjérine a distingué du tabès vrai sous le nom de nervo-tabès périphérique ; l'intoxication mercurielle dont Letulle, dans un Mémoire remarquable, a prouvé anatomiquement l'influence sur les nerfs; enfin les intoxications oxy et sulfo-carbonées. De ce groupe nous devons rapprocher les névrites par auto-intoxication, observées dans le cours du diabète, de la goutte, du rhumatisme chronique (Pitres et Vaillard).

D'autre part, l'influence des névrites périphériques sur la production de certaines dermatoses (vitiligos, ecthymas, gangrènes), a été mise hors de doute depuis les travaux de Leloir. Enfin, dans le tabès, Déjérine propose d'expliquer nombre de troubles dont les lésions spinales semblent impuissantes à rendre compte, par des lésions névritiques indépendantes, dont l'étiologie se confond vraisemblablement avec celle de la sclérose des cordons postérieurs.

Dans certains cas, néanmoins, la cause reste encore inconnue comme dans le béribéri; ou bien, on se voit obligé d'invoquer le surmenage, le froid, sachant bien cependant, depuis la découverte des microbes pathogènes, que leurs effets « ne jouent plus dans le développement des maladies aiguës, que le rôle d'une cause occasionnelle, prédisposante, mettant l'individu en état d'opportunité, de réceptivité morbide».

Quant aux moyens mis en œuvre par ces diverses causes, connues ou inconnues, pour produire les altérations névritiques, c'est là encore un vaste champ à explorer. « S'agit-il, dans les névrites infectieuses, d'une action directe, pathogène, des microbes sur les nerfs?» Quel est le mode d'action des substances dans les névrites toxiques? Pourquoi telle substance préfère-t-elle tel groupe de nerfs, respecte-t-elle tel autre? Quel est le procédé par lequel sont produites les névrites des maladies dyscrasiques? Autant de problèmes dont la solution n'est peut-être pas éloignée, car après les belles expériences de Charrin sur la maladie pyocianique, de Roux et Yersin sur le bacille diphtérique, il semble que toute la question sera bientôt ramenée à l'influence des substances toxiques sur les nerfs; que celles-ci soient de provenance microbienne, qu'elles aient été introduites dans l'économie par intoxication, qu'elles s'y soient produites et accumulées par déviation de la nutrition.

Quoi qu'il en soit de ces désiderata, les affections des nerfs périphériques occupent dès maintenant une place considérable dans la pathologie nerveuse; mais, ce que seront les limites exactes de leur domaine, comment elles l'acquérront aux dépens de celui des affections des centres, c'est là ce que, vraisemblablement en raison du courant établi, la clinique et l'anatomie pathologique ne tarderont pas à déterminer.

Dr E. De Lavarenne.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Labouret (Ch. M. de), *capitaine d'artillerie de la Marine.* — **Emploi et fonctionnement du diapason dans les appareils balistiques enregistreurs.** *Mémorial de l'Artillerie de la Marine*, 26e *année*, 2e *série*, *t.* XVIII, 1re *livraison de* 1890. *Imprimerie nationale.*

Les diverses expériences que nécessitent l'examen des explosifs ou l'étude de la marche des projectiles et de leurs effets, consistent, la plupart du temps, à relever la courbe sinusoïdale tracée sur une plaque noircie par un diapason mobile et vibrant. Le diapason est relié à une masse qui reçoit un mouvement, conséquence du phénomène étudié; la courbe tracée donne les circonstances de ce mouvement et permet ainsi de remonter aux lois du phénomène.

Lorsqu'on emploie ce procédé pour l'étude de la perforation des plaques de blindage par des projectiles enregistreurs, il se présente une difficulté; les deux tracés correspondant aux deux branches du diapason, tracés destinés à se contrôler, ne concordent pas et l'on en est réduit à prendre la moyenne des résultats qu'ils fournissent.

M. de Labouret s'est proposé de rechercher quelle était l'approximation que pouvait fournir cette méthode et s'il n'y avait pas lieu de la modifier; il était dans les meilleures conditions pour se livrer à ces importantes recherches par sa situation d'adjoint du général Sébert au laboratoire central de la Marine.

Par une très longue série d'expériences, bien imaginées, bien conduites et dont le *Mémorial* donne tous les résultats, il est arrivé à déterminer les causes de la non-concordance des deux tracés, puis il a étudié de près la loi des vibrations, et a reconnu que, pour les deux branches, elles sont à phases concordantes à partir du déclenchement de la branche libérée en dernier lieu; il a montré ensuite que l'espace parcouru au moment du déclenchement pouvait être pris comme moyenne des valeurs lues par les deux plumes et a indiqué enfin comment l'on pouvait augmenter la précision des mesures soit à l'aide des lectures par demi-vibrations, soit à l'aide des relevés par points.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail trop technique de ces divers résultats, mais ce que nous venons de dire suffit, il nous semble, pour faire comprendre l'intérêt scientifique et pratique du Mémoire de M. le capitaine de Labouret. L. O.

Vogel (H. C.) et **Scheiner**, *astronomes à l'Observatoire de Postdam.* — **Des intermittences périodiques de l'éclat d'Algol**, *Prometheus*, n° 16, 1890.

Pour expliquer les variations périodiques de l'éclat de certaines étoiles, les astronomes les ont souvent attribuées à l'interposition de satellites obscures. Cette hypothèse a surtout été faite pour *Algol* (β *Persei*), mais jusqu'à ces derniers temps n'avait jamais été démontrée. MM. Vogel et Scheiner viennent d'en vérifier la justesse pour Algol. L'emploi du spectroscope leur a permis d'y reconnaître une étoile double, dont les deux astres offrent un éclat inégal. La masse de l'étoile relativement obscure n'est guère inférieure à celle de l'étoile brillante. Celle-ci a un diamètre de 1.775.000 kilomètres. Celui de son satellite est de 1.225.000 kilomètres. La distance qui sépare les deux astres est de 52.500.000 kilomètres. Tous deux gravitent autour d'un centre commun. Suivant qu'ils nous apparaissent en conjonction ou en opposition, ils nous offrent le maximum ou le minimum d'éclat.

C. VAN MUYDEN (de Berlin).

2° Sciences physiques.

Galitzine. — **Sur le rayon d'activité des forces moléculaires.** *Zeitschrsft, fur physikalische. Chemic.* Octobre 1889.

Plusieurs théories physiques, notamment la théorie de la capillarité de Laplace, reposent sur l'hypothèse que l'action exercée par une molécule sur les molécules voisines devient négligeable à partir d'une certaine distance ρ, qu'on appelle *rayon d'activité*. Rien n'est encore connu en ce qui concerne la grandeur de ce rayon d'activité; ni sa grandeur absolue, ni même sa grandeur relative pour les différents corps. M. Van der Waals a été conduit à émettre sur ce sujet deux hypothèses; ou bien le rayon d'activité est constant pour tous les corps, ou bien il est proportionnel au rayon des molécules. Le savant hollandais n'a d'ailleurs pu déterminer d'après les résultats expérimentaux à laquelle de ces deux hypothèses on devait donner la préférence.

M. Galitzine reprend la question de la façon suivante: il démontre que la pression moléculaire interne d'un liquide, K (pression produite par l'action attractive qu'exercent l'une sur l'autre les molécules situées dans le voisinage de la surface) et la tension superficielle S, peuvent se représenter par les formules

$$K = c \int_0^{\rho} \psi(r)\,dr$$

$$S = \frac{1}{2}\, c\theta\rho \int_0^{\rho} \psi(r)\,dr,$$

c étant une grandeur proportionnelle au carré de la densité du liquide, ρ le rayon d'activité et ψ une fonction inconnue représentant l'action de deux molécules l'une sur l'autre. On déduit immédiatement de ces deux expressions :

$$\rho = \frac{S'}{K} \text{ constante.}$$

Au moyen de cette formule, M. Galitzine calcule la valeur de ρ pour les différents éthers de la série grasse. Ce calcul montre que le rayon d'activité est sensiblement proportionnel au poids moléculaire du corps considéré :

$$\rho = m \text{ constante.}$$

Ce résultat conduit à une conclusion intéressante. Supposons que la force qui s'exerce entre deux molécules de masse m situées à une distance r soit représentée par l'expression

$$F = K m^2 \frac{1}{r^n};$$

la valeur limite de cette force, lorsque r sera égale au rayon d'activité, sera représentée par $\varepsilon = K m^2 \frac{1}{\rho^n}$,

d'où on déduit $\rho = m^{\frac{2}{n}}$ constante.

Mais on a trouvé d'autre part $\rho = m$ constante. Il faut

donc que $n = 2$. Par conséquent, conclut M. Galitzine, la force qui s'exerce entre deux molécules est inversement proportionnelle au carré de leur distance, et la loi de la gravitation s'applique aux actions moléculaires.

Georges Charpy.

Roberts-Austen (Chandler). — **Les Alliages.** Traduction française de Gustave-Richard. — *Gauthier-Villars.* 1890.

Cette intéressante brochure est la reproduction de trois leçons professées par M. Roberts-Austen devant la Société des arts de Londres. L'auteur y résume les principaux faits acquis sur la constitution des alliages, question relativement peu étudiée jusqu'à ces derniers temps, mais qui a reçu un grand développement par les travaux de MM. Mathiessen, Roberts-Austen, Guthrie, Le Châtelier, Osmond, Hopkinson, etc.....

Les alliages peuvent s'obtenir soit par compression énergique du mélange des limailles, comme l'a montré M. Walthere-Spring, soit par dépôt électrolytique; mais le seul procédé pratique consiste à fondre ensemble les métaux que l'on veut allier. Dans cette opération on peut, presque toujours, observer un dégagement ou une absorption de chaleur. L'étude de ces phénomènes tend à faire admettre qu'il peut, dans certains cas, se produire des combinaisons en proportions définies, mais que, le plus souvent, la constitution d'un alliage présente de grandes analogies avec celle d'une dissolution. Il faut cependant signaler une distinction, c'est qu'il est impossible de décomposer un alliage métallique en ses constituants par le passage d'un courant électrique, c'est-à-dire de réaliser le phénomène correspondant à l'électrolyse d'une solution. Ces essais ont été faits, naturellement, sur des alliages liquides. En étudiant le passage d'un courant à travers les alliages solides, on a pu constater, par les variations du pouvoir conducteur, l'existence de certains composés bien définis des métaux, et de plus mettre en lumière ce fait extrêmement important que, dans certains alliages, les métaux subissent des modifications allotropiques. Ces modifications peuvent se produire par l'addition de quantités très faibles d'un métal étranger, et changent complètement les propriétés physiques du métal considéré. C'est probablement en se basant sur l'observation de faits analogues que les alchimistes cherchaient à transmuter les métaux. Un fait très curieux et qui n'est pas encore complètement élucidé, est l'influence du volume atomique du métal ajouté sur la modification des propriétés mécaniques. Les expériences faites jusqu'à ce jour semblent établir que les éléments à volume atomique considérable diminuent beaucoup la ténacité des métaux auxquels on les ajoute, tandis que les éléments à faible volume atomique augmentent au contraire cette ténacité. On s'explique ainsi l'influence qu'exercent sur les propriétés du fer la présence de petites quantités de carbone ou de chrôme d'une part, de phosphore, de soufre ou d'arsenic d'autre part.

Les deux premiers chapitres du livre de M. Roberts-Austen sont consacrés à l'étude des faits rappelés ci-dessus. Le troisième traite des couleurs des métaux et des alliages envisagés par rapport à leurs applications aux arts.

Georges Charpy.

3° Sciences naturelles.

Bornet (MM. Ed.) et **Flahault** (Ch. F.). — **Sur quelques plantes vivant dans le test calcaire des Mollusques.** *Actes du Congrès de Botanique tenu à Paris au mois d'août* 1889. Paris, 1890.

On rencontre souvent sur les plages, à marée basse, des coquilles rejetées par la mer, et couvertes de taches vertes ou verdâtres; tantôt un grattage avec l'ongle enlève ces taches qui sont alors dues à des thalles de jeunes algues, fixées là comme sur un substratum quelconque; tantôt au contraire, un grattage même violent n'enlève point la couleur verte, qui est alors plus profonde, intérieure, et due au thalle d'une algue perforante. Des éclats de la coquille, assez minces pour être transparents et détachés perpendiculairement à sa surface, montrent des canalicules creusés dans toutes les directions et souvent anastomosés; ce sont les galeries formées par ces algues perforantes. On comprend que te thalle de l'algue, en se propageant dans la coquille par la corrosion qu'il produit, finit par en amener la destruction totale, et soit l'un des facteurs principaux de la disparition des coquilles dans les baies tranquilles où elles sont à l'abri du roulement des vagues. D'ailleurs, depuis plus de quarante ans les zoologistes et les géologues ont décrit les canaux rameux qui traversent les coquilles, les polypiers, etc., et ont attribué leur formation à des plantes perforantes; mais M. Lagerheim (1885) et M. Hariot (1887), étaient jusqu'ici les deux seuls auteurs ayant trouvé une plante produisant ces galeries.

MM. Bornet et Flahault ont étudié dix genres de plantes perforant des coquilles, dont six nouveaux; quatre appartiennent aux algues vertes, quatre aux algues bleues et deux aux champignons. Cette étude est particulièrement difficile, par suite du mélange des espèces et de l'entrelacement de leurs thalles, et la séparation des fragments pour l'étude sur le vivant n'en donne jamais que de très petites portions encombrées de poussières calcaires. Aussi les auteurs ont-ils souvent employé le liquide de Pérényi, qui fixe le protoplasme et décalcifie les coquilles.

La nouvelle algue verte, *Gomontia polyrhiza*, est la plus curieuse des espèces décrites, principalement par ses sporanges qui ne ressemblent à ceux d'aucune autre espèce. Le thalle jeune est formé de filaments articulés, rameux, rayonnant autour d'un point central, qui bientôt produisent un réseau continu envahissant la couche superficielle de la coquille; plus tard, ils développent une ramification dorsiventrale profonde. Chaque article possède des chromatophores pariétaux de un à cinq noyaux.

Fig. 1. — Gomontia (Bornet et Flahault). *Fragment de coquille enlevé perpendiculairement à la surface. Il est traversé par les filaments du Gomontia. Gross.* $= \frac{160}{1}$.

Quelques-uns des articles se renflent en une masse plus ou moins irrégulière et à protoplasme abondant, qui s'isole de plus en plus des articles contigus par d'épais bouchons de cellulose; puis leurs points d'attache se changent en rhizoïdes, et dès lors ces *sporanges* vivent d'une vie propre pendant assez longtemps comme des organismes autonomes. Leur contenu se transforme soit en zoospores à deux cils, soit en spores immobiles. Les zoospores sont de deux sortes : des petites et des grosses; seules les grosses germent et se développent en un filament qui se cloisonne à mesure qu'il s'allonge. Les spores immobiles donnent naissance à des sporanges semblables aux précédents et pourvus de rhizoïdes; si la coquille est vieille, un ou plusieurs crampons pénètrent dans son intérieur, s'y étalent en filaments et produisent une plante nouvelle. D'autres fois, ces spores grossissent, se divisent en plusieurs (2-8) corps immobiles, qui se développeront à leur

tour en sporange; mais pour les auteurs ce dernier phénomène n'est qu'un moyen accidentel de défense de la plante contre les conditions défavorables. Le genre *Gomontia* devra former une tribu particulière dans la famille des Syphonocladées.

Parmi les autres espèces décrites, l'*Hyella cæspitosa* est aussi curieuse parmi les algues bleues que le *Gomontia* parmi les algues vertes. MM. Bornet et Flahault considèrent d'ailleurs la connaissance des plantes perforantes comme restant encore très incomplète.

Camille Sauvageau.

4° Sciences médicales.

Routier. — **Cancer du rectum. Résection par la voie sacrée.** *Rev. de chir.*, décembre 1889, t. IX, p. 961.

Contre les cancers du rectum qui sont trop bas pour être enlevés par la laparotomie comme ceux de l'oméga iliaque et trop haut pour être extirpés par l'anus, Kraske a imaginé en 1885 d'agir par une voie artificielle créée au niveau du sacrum qu'on résèque dans un temps préliminaire à l'ablation du néoplasme. M. Routier, qui, dans un cas,a employé avec succès son procédé, le conseille parce qu'il permet d'enlever des néoplasmes placés très haut sur le rectum et les ganglions voisins, parce qu'il fait espérer la possibilité de la cure radicale et surtout parce que, conservant le sphincter, il n'entraîne pas cette infirmité dégoûtante de l'incontinence des matières qui suit et la rectotomie, et l'établissement des anus artificiels, iliaques ou lombaires.

Dr Hartmann.

Metchnikoff (Elie). — **Le charbon des pigeons,** (*Annales de l'Institut Pasteur*, 25 *février* 1890.)

M. Metchnikoff continue ses études sur les causes de l'immunité naturelle ou conférée ; on sait que l'éminent microbiologiste fait jouer un rôle très important dans l'immunité contre les microbes à certaines propriétés inhérentes à quelques espèces cellulaires de l'organisme qui prennent le nom de *phagocytes* pour indiquer leur nouvelle fonction ; de ce nombre sont les leucocytes. Une première étude avait déjà été faite à propos du bacille du *Rouget du porc*, bacille dont l'absorption et la destruction par les phagocytes est facilement observée. Dans cette seconde étude, M. Metchnikoff a choisi la bactéridie charbonneuse, qu'il a expérimentée sur le pigeon, parce que cet animal avait été choisi par ses contradicteurs, entre autres par Baumgarten, pour réfuter les assertions de l'auteur sur la phagocytose.

M. Metchnikoff avant d'exposer le résultat de ses propres expériences résume les connaissances acquises sur le charbon des pigeons ; comme ses prédécesseurs, il a constaté que les pigeons jouissaient d'une faible réceptivité pour le charbon, mais que la bactéridie charbonneuse voyait son activité être notablement renforcée par le passage à travers l'organisme du pigeon au point d'arriver à tuer les poules, animal réfractaire au charbon dans les conditions ordinaires, M. Metchnikoff expose ensuite ses expériences nouvelles ; toute la discussion de la phagocytose repose sur ce fait : savoir si les bactéries englobées par les phagocytes sont mortes ou vivantes ; l'auteur a pu, par un procédé ingénieux, isoler plusieurs phagocytes avec une bactérie qu'ils avaient absorbée, et en semant cette subssance il a vu la bactérie se développer ; aussi est-il en droit de tirer de son travail les conclusions suivantes :

1° L'immunité des pigeons pour le charbon n'est que relative ;

2° Les bactéridies peuvent se multiplier dans l'organisme et les humeurs des pigeons ;

3° Le nombre des bactéridies extra-phagocytaires mortes est beaucoup moindre que celui des bactéridies intra-phagocytaires mortes ;

4° Les phagocytes des deux espèces sont capables d'englober les bactéries vivantes et virulentes ;

5° Le virus charbonneux se renforce dans l'organisme des pigeons.

En résumé, de ces expériences il résulte que la phagocytose joue un rôle important dans la lutte de l'organisme contre l'invasion bactérienne sans qu'on puisse affirmer que d'autres éléments n'interviennent pas également dans la lutte.

Dr H. Dubief.

Gamaléia (N.) **Sur l'exaltation de la virulence du bacille morveux.** (*Annales de l'Institut Pasteur*, 25 *février*, 1890.)

Les expériences de M. Gamaléia montrent que le bacille de la morve suit les lois générales qui régissent l'augmentation ou la diminution de la virulence observée par d'autres micro-organismes, les lésions locales devenant d'autant plus importantes que la résistance de l'animal est plus grande, ou la virulence plus atténuée.

Le bacille de la morve qui est plus virulent pour le lapin est exalté par ses passages à travers le spermophile au point de pouvoir tuer le lapin par l'injection sous-cutanée ; dans cette modification, la clinique de la maladie change également et au lieu d'une affection à tumeurs inflammatoires (tubercules), on voit une septicémie caractérisée par l'hypérémie de la rate et de nombreux bacilles dans le sang du cœur. M. Gamaléia définit le sens des modifications apportées à la virulence ou à la résistance de l'animal par le nom de *généralisation* septicémique.

Dr H. Dubief.

Lagrange (Docteur F.) — **L'hygiène de l'exercice chez les enfants et les jeunes gens.** 1 vol. in-18, F. Alcan, Paris 1890.

Ce volume est la suite de la *Physiologie des Exercices du corps*, que le même auteur a publiée il y a deux ans. Celui-ci est l'application à un cas particulier des *théories* générales que M. Lagrange a fondées sur une longue suite de patientes observations. Nous n'avons pas à parler ici des préceptes hygiéniques, des règles pratiques formulées dans cet ouvrage. Mais la partie théorique contient des faits nouveaux intéressants pour la physiologie.

Nous signalerons particulièrement le rapport que l'auteur a établi entre l'apparition d'un précipité uratique dans les urines et la courbature qui succède à l'effort chez l'homme non entraîné : tandis que chez l'homme entraîné, la fatigue poussée à ses limites extrêmes ne fait jamais apparaître ce précipité, jamais non plus la courbature ne succède chez lui à cette fatigue. La liaison entre les deux faits est pour l'auteur absolue, il n'a jamais constaté d'exception. Il est à regretter que M. Lagrange n'ait pas analysé chimiquement le phénomène, et qu'il ait constaté simplement la présence ou l'absence d'urates précipités dans les urines. Il y a pourtant là incontestablement l'indication d'une loi ; les physiologistes qui voudront étudier l'influence du travail musculaire sur l'excrétion de l'azote sont prévenus d'avoir à s'enquérir si leur sujet est ou non en état d'entraînement, et pour reconnaître cet état, ils ne pourront mieux faire que s'en rapporter aux signes diagnostics donnés par M. Lagrange. L'explication théorique que celui-ci a donnée du fait nous paraît par contre fort contestable. Il suppose une réserve azotée dont la destruction même constituerait l'acte essentiel de l'entraînement. Nombreuses sont les objections que soulève cette théorie ; mais après tout elle n'est donnée que comme une hypothèse, indépendamment de laquelle les faits gardent leur valeur.

L. Lapicque.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

A l'occasion des fêtes de Pâques, la Société de Biologie, la Société française de Physique, la Société de Chimie de Londres, l'Académie des Sciences de Berlin, la Société de Physique de Berlin, l'Académie royale des Lincei, l'Académie des Sciences de Turin n'ont pas tenu, pendant ces fêtes, leurs sèances ordinaires.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 24 mars 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **Mittag-Leffler** communique une transcendante remarquable, découverte par un de ses élèves, M. **Fredholm**. — M. **Z. Elliot** : Sur les invariants d'une classe d'équations du premier ordre. — M. **O. Callandreau** a continué les études de M. Tisserand sur la capture des comètes. — M. **Mascart** donne à l'Académie des renseignements sur l'observatoire astronomique et météorologique qui vient d'être fondé à Tananarive. — M. **Ch. Antoine** a étudié les relations qui existent entre le volume, la pression et la température de diverses vapeurs, en analysant les travaux de Regnault, de Hirn et de Zeuner sur ces vapeurs. — M. **Mascart** propose, pour lire directement les indications du dynamomètre de transmission, un système optique composé d'une lentille fixée à une distance calculée de l'arbre et entraînée avec lui ; cette lentille donne : une image fixe pendant un temps suffisant, si la rotation est lente ; une série d'images superposées, rendue continue par la rétine, si la rotation est rapide. Les indications ainsi fournies peuvent être enregistrées photographiquement. — M. **Ledieu** propose pour régulariser le mouvement des machines, dont le travail est soumis à des variations subites et considérables, le système suivant : le régulateur est muni d'une dynamo auxiliaire, dont la mise en jeu est déterminée par le mouvement même de l'embrayage qui établit un contact électrique ; la régulation commence ainsi avant que la différence de résistance se soit transmise jusqu'à la machine, à cause du temps perdu de cette tranmission.

2° Sciences physiques. — M. **James Moser** qui a signalé récemment les variations considérables que subit le pouvoir conducteur de l'air plus ou moins raréfié, a constaté au contraire pour le pouvoir inducteur que celui-ci ne varie pas avec le degré de la raréfaction. — — M. **Berthelot** a repris les expériences de M. Schützenberger sur la condensation de l'oxyde de carbone au moyen de l'effluve ; en entourant d'un manchon d'air sec l'électrode d'eau acidulée, il s'assure que cette électrode ne cède au travers du verre aucune trace d'eau ; le produit brun de condensation ne s'en forme pas moins, mais décomposé par la chaleur à l'abri de l'air, il n'abandonne pas une proportion d'hydrogène supérieure à un millième. — Électrolysant un mélange d'acide sulfurique et d'acide chlorhydrique, Buff a démontré que les deux corps se décomposent en proportions constantes, quelle que soit l'intensité du courant ; M. **L. Houllevigne** a trouvé que cette loi s'applique au mélange de deux sels en dissolution aqueuse, mais les chiffres trouvés expérimentalement semblent s'en écarter, à cause de la réaction du sulfate de cuivre sur le zinc déposé. — Pour préparer les betaïnes, M. **E. Duvillier** indique que le meilleur procédé consiste à faire réagir un éther iodhydrique sur le sel de zinc des acides amidés en présence d'oxyde de zinc. — M. **G. Arachequesne** décrit la façon dont il a modifié le procédé de Krämer, basé sur la transformation en iodoforme de l'acétone, pour doser exactement ce produit dans les mélanges où il se trouve en grande proportion. — Pour doser rapidement la matière grasse du lait, M. **Lezé** fait bouillir celui-ci avec deux fois son poids d'acide chlorhydrique, puis neutralise par de l'ammoniaque diluée ; tout le beurre est alors mis en liberté et vient surnager le liquide ; il suffit alors de lire le volume qu'il occupe. — M. **Schlœsing** répond aux observations présentées par M. Berthelot à son travail sur l'absorption de l'ammoniaque atmosphérique par les terres, que les faits avancés par lui sont des faits d'observation bien établis et que toute discussion est inutile. —

3° Sciences naturelles. — M. **Louis Mangin** a trouvé dans diverses membranes cellulaires végétales une substance distincte de la cellulose et de la pectine, et qui joue un rôle important ; il lui a donné le nom de *callose* parce qu'elle forme les cals des tubes cribreux libériens. M. **L. Ranvier** a étudié la contraction musculaire sur les fibres striées rubanées qu'il a décrites dans la membrane rétrolinguale de la grenouille ; ces fibres étant tendues sous la lamelle couvre-objet, il les excite par un choc d'induction très faible, et observe avec un fort grossissement ; il a vu que les disques épars seuls se raccourcissent en s'élargissant, tandis que les autres éléments de la fibrille s'étirent. — En étudiant le développement des éponges siliceuses, M. **Yves Delage** a constaté que les cellules ciliées qui pointent tout autour de l'embryon au stade Morula rentrent plus tard à l'intérieur et constituent l'endoderme de l'animal adulte. — M. **Kunkel d'Herculais** a constaté chez le *Stauronotus maroccanus* (sauterelles d'Algérie) l'existence d'une ampoule que l'animal fait saillir entre sa tête et son prothorax ; cette ampoule, gonflée par le liquide sanguin, sert à faire éclater les coques ovigères, la membrane d'enveloppe à la mue, etc. — M. **Cotteau** donne la diagnose de six échinides fossiles du Mexique, que leurs caractères paléontologiques doivent faire consi dérer comme crétacés. — En expérimentant sur les animaux, MM. **Joly** et **B. de Nabias** ont constaté que l'hydrogène arsénié agit sur le sang en disssolvant l'hémoglobine et en transformant une partie de celle-ci en méthémoglobine. — M. **Gamaléia** stérilisant par la chaleur des cultures du microbe du choléra, a vu leurs propriétés se modifier suivant la température à laquelle elles ont été portées ; chauffées à moins de 70°, elles sont très toxiques et provoquent la diarrhée ; chauffées à une température supérieure, elles ne provoquent plus de diarrhées, sont tolérées à des doses bien plus considérables et sont encore vaccinantes. — M. **Bouchard** insiste sur la différence entre les diastases toxiques, qui se détruisent par la chaleur, et les substances vaccinantes, qui y résistent entièrement. — D'une étude d'ensemble faite par M. **Munier-Chalmas** sur le bassin de Paris, il résulte que le gypse apparaît chaque fois que les dépôts affectent le caractère saumâtre ; il manque dans les dépôts correspondants d'origine lacustre. Dans certaines couches, la silice a remplacé le gypse par pseudomorphose. — MM. **Michel Lévy** et **Munier Chalmas** décrivent les nouvelles formes de silice cristallisée trouvées par M. Munier Chalmas dans le bassin de Paris et nommées par lui *quartzine* et *lutécite*. — Des expériences de M. **Thoulet**, il résulte que pour diverses substances, ponce, corail, coquilles calcaires, etc., l'eau de mer possède un pou-

voir dissolvant bien plus faible que celui de l'eau dans les mêmes conditions. — M. G. **Rolland** s'appuyant sur les faits qu'il a observés à El Goleah, combat l'opinion qui veut que le dépôt des dunes sahariennes, en des points déterminés, soit provoqué par l'humidité du sous-sol en ces points; c'est au contraire la dune qui emmagasine l'eau, après s'être formée sous l'influence du relief. — M. **Chevalier** envoie divers renseignements sur un tremblement de terre à Shang-Haï et les mouvements des boussoles pendant le phénomène.

Séance du 31 *mars* 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **de Jonquières** montre, par l'analyse d'un ouvrage posthume de Descartes (*De solidorum elementis*), que l'illustre philosophe avait connu, dès sa jeunesse, et rédigé avec précision tous les principes et les théorèmes de la polyédrométrie élémentaire, tels qu'on les trouve aujourd'hui dans les Traités les plus complets. — Les théorèmes relatifs à la statique graphique des arcs élastiques ont jusqu'à présent négligé les déformations de l'ordre de la tension longitudinale et de l'effort tranchant; M. **B. de Fonviolant** montre que, pour tenir compte de ces quantités, il suffit de remplacer dans les théorèmes précédents les forces fictives parallèles, appliquées aux divers éléments de la fibre moyenne, par des forces fictives parallèles aux premières et appliquées aux divers éléments des trois lignes conjuguées. — M. **G. Bigourdan** : Observation de la nouvelle comète Brooks (*a* 1890) à Paris. MM. **G. Rayet** et **L. Picart** : Observations de la comète Brooks (21 mars 1890), à Bordeaux. — M. **Charlois** : Observations et éléments de la nouvelle planète (289), découverte à l'observatoire de Nice, le 10 mars 1890. — M. **Spœrer** : Sur la position de la tache solaire du 4 mars.

2° Sciences physiques. — M. **R. Colley** expose une interprétation physique approximative des équations différentielles du mouvement de l'électricité dans les deux circuits des bobines d'induction. — M. **André Le Châtelier** a trouvé qu'à une même température la valeur de l'écrouissage des métaux va constamment en décroissant sous l'influence du recuit, et tend vers une valeur limite d'autant plus faible que la température a été plus élevée. — M. **Daniel Berthelot**, cherchant une relation entre les fonctions chimiques des corps et leurs conductibilités électriques, a trouvé que les conductibilités des trois acides oxybenzoïque sont très distinctes, décroissent dans l'ordre ortho, méta, para et diffèrent de celles des phénols correspondants. — M. **B. Walter** cite des déterminations d'indices de réfraction qui contredisent la loi de M. Doumer selon laquelle les pouvoirs réfringents moléculaires des sels seraient des fonctions du nombre des valeurs de leurs éléments métalliques. — M. **P. Schutzenberger** expose que dans les tubes à effluve où il condense l'oxyde de carbone, il faut admettre le passage de l'eau à travers le verre, puisque des dispositions particulières ont été prises pour s'opposer à l'introduction de l'eau par la pompe employée pour extraire l'acide carbonique. M. **Berthelot** fait remarquer, à ce propos, que de petites quantités d'humidité, adhérentes à la paroi interne du verre, ont pu s'accumuler dans le tube par le fait de la grande masse du mercure et de la répétition de ses refoulements. — M. **J. Fogh** explique par la thermo-chimie les réactions de l'hyposulfite de soude sur les sels d'argent. — Par l'analyse d'un objet en métal datant de près de 4000 ans avant notre ère, M. Berthelot avait établi que l'*âge du bronze* a été précédé d'un *âge du cuivre*. M. **V Marcano** montre que l'étude de la métallurgie précolombienne au Vénézuela conduit à la même conclusion. — M. **Ph. Guye**, partant de l'hypothèse de MM. Le Bel et Van t'Hoff, relative aux valences tétraédriques du carbone, étudie les modifications que la substitution fait subir à leur équilibre, et les variations corrélatives de leur symétrie et leur pouvoir rotatoire : 1° toutes les fois que par le fait d'une substitution, le centre de gravité de la molécule reste des mêmes côtés des plans de symétrie du carbone, le pouvoir rotatoire du dérivé substitué ainsi obtenu conserve le même signe; 2° si la substitution éloigne le centre de gravité des places de symétrie de la molécule, elle augmente en même temps le pouvoir rotatoire; 3° si elle déplace le centre de gravité d'un côté de l'un des plans de symétrie à l'autre côté, elle entraîne le changement de sens du pouvoir rotatoire. — M. **Meslans** applique les récentes découvertes de M. Moissan à la préparation du fluoroforme; il indique les propriétés de ce corps. — M. **P. Cazeneuve**, étudiant les phénols sulfoconjugués du camphre ordinaire, a reconnu que c'est l'oxhydrile de l'acide sulfurique qui se fixe sur le noyau aromatique pour le transformer en phénol.

3° Sciences naturelles. — M. **Ranvier** expose une méthode nouvelle pour observer au microscope les éléments et les tissus des animaux à la température physiologique. Il plonge dans un courant d'eau chaude préparation et microscope muni d'un objectif à immersion. — MM. **Georges Pouchet** et **Beauregard** décrivent le squelette et surtout la tête d'un cachalot récemment échoué à l'île de Ré. — M. **Verneuil** présente des moulages de *pieds bots phlébitiques*; à la suite de certaines phlébites et causées par elles, il a observé certaines difformités des pieds et des orteils dont la formation dans ces conditions n'avait pas encore été signalée. — M. **L. Cuénot** montre que chez deux animaux du même genre, les *Aplysia depilans et punctata*, le sang présente des différences remarquables de composition. Chez le premier il est coloré par un albuminoïde coagulable par l'alcool, tandis que chez le second il contient une hémocyanine incolore. Il a en outre recherché chez ces animaux l'origine des amibocytes. Il en attribue la production à la crête de l'aorte, renfermée dans le péricarde. — M. **Léon Guignard**, poursuivant ses investigations sur le rôle essentiel des noyaux sexuels dans la fécondation, décrit l'accolement du noyau mâle au noyau femelle chez le *Lis Martagon*. — M. **G. de Lagerheim** signale l'*Uredo Vialæ* comme un nouveau parasite dangereux de la Vigne. — M. **Termier** décrit la série des roches éruptives du Mézenc et du Meygal et constate l'existence de l'œgyrine dans les phonolithes du Vélay — De nombreuses analyses de quelques roches du Nord de la France, surtout de diverses craies, M. **Henri Bursault** conclut que la composition chimique n'intervient pas seule pour modifier l'aspect des roches sédimentaires; ni le phosphate de chaux, ni la magnésie ne produisent le durcissement. La cause du durcissement de la craie est bien plus physique que chimique. — M. **A. Julien** énumère les résultats de ses recherches sur le carbonifère marin du Plateau central.

L. Lapicque.

ACADÉMIE DE MÉDECINE

Séance du 2 *avril* 1890.

MM. **Raimbert** (de Chateaudun) et **Diday** (de Lyon) sont élus membres associés nationaux.

M. le **Président** annonce la mort du Professeur Trélat et lève la séance en signe de deuil.

Séance du 8 *avril* 1890.

M. **Heckel** (de Marseille) adresse une note sur les propriétés physiologiques de la noix de Kola. Il a observé qu'après épuisement de la caféine par le chloroforme, la poudre de Kola conserve encore une action très sensible sur l'élément musculaire (suspension de la fatigue) avec très faible excitation nerveuse. Cette poudre contient donc d'autres principes que la caféine, très actifs et non encore isolés; du reste, elle agit à doses très faibles : ainsi des officiers français ont pu franchir 72 kilomètres en 12 heures, en n'absorbant, à doses fractionnées, qu'une quantité de poudre correspondant

à 0,15 de caféine. De plus, elle empêche l'essouflement, ainsi que l'ont constaté les membres du Club-Alpin français dans leurs grandes ascensions : elle empêcherait même le mal de montagne et régulariserait la circulation aux grandes altitudes. Il regrette, depuis 6 ans qu'il l'a proposé, de n'avoir pu encore en avoir fait adopter l'usage dans l'armée. **M. Colin**, répond qu'on ne peut l'adopter avant que la chimie en ait parfaitement défini les principes actifs. — **M. G. Gautier** lit un travail relatif au traitement des fibromes intra-utérins par la galvano-caustique chimique intra-utérine et monopolaire de l'utérus. — **M. Lesage** présente un travail sur l'origine microbienne du choléra infantile. Il a isolé un micro-organisme (rencontré aussi dans le choléra nostras) bacille dans les bouillons et dans l'intestin, microcoque sur les surfaces sèches de culture, se cultivant à 38° sur gélose, ne se décolorant pas par la méthode de Graham, sécrétant une substance alcaline, à odeur d'aubépine, analogue à celle sécrétée par le bacille virgule. Cette substance est toxique, tue à la dose de 4 à 5 milligrammes en produisant l'algidité et les lésions intestinales du choléra. Elle peut être isolée des viscères, des muscles des animaux morts du choléra jusqu'à la 4me série. Elle existe également dans l'urine, ce qui explique comment Bouchard a produit le choléra expérimental avec l'urine des cholériques. En collaboration avec **M. Winter**, M. Lesage a isolé cette substance du microbe pathogène du choléra infantile ainsi que du bacille virgule de Koch; celle-ci a produit dans les deux cas le choléra expérimental.

Dr E De Lavarenne.

SOCIÉTÉ DE BIOLOGIE

Séance du 29 mars 1890.

M. Laguesse a continué ses recherches sur le développement de la rate. Il a constaté que chez l'embryon de la truite, les vaisseaux de la rate se forment par des vacuoles creusées dans le tissu aréolaire dont l'organe est composé; ces vacuoles se mettent en communication avec la veine centrale de l'organe, et se tapissent d'un endothélium provenant de cette veine. Leurs parois donnent alors naissance à des éléments figurés libres, semblables à des leucocytes, qui sont entraînés par le sang. C'est là le début de la fonction hématopoiétique de la rate. — **M. Verdin** présente : 1° un sphygmographe chronométrique construit par lui sur les indications de **M. Jaquet** de Bâle; cet appareil donne un tracé analogue à celui du sphygmographe de Marey, et en plus le tracé des secondes; 2° un *pnéographe* construit par lui en collaboration avec **M. Tata** de Bombay; cet appareil est mis en mouvement par le courant d'air inspiré ou expiré au moyen d'un dynamomètre spécial. — **M. Laborde** a étudié la force musculaire des animaux auxquels on a enlevé le cervelet; ces recherches lui ont montré que la vigueur musculaire reste entière malgré l'incoordination; dans les premiers moments seulement après l'opération, la force est amoindrie, sans doute sous l'influence du shok.

L. Lapicque.

SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES

Séance du 27 mars 1890.

Sciences mathématiques. — **M. G. R. Bryan.** Sur la stabilité d'un sphéroïde de liquide parfait en rotation. L'auteur discute les conditions de stabilité par rapport aux variations d'un type général qui peut s'exprimer en termes d'harmoniques sphéroïdales; son but est de rechercher si la condition de Riemann est suffisante pour assurer la stabilité dans d'autres déplacements que les déplacements ellipsoïdaux. Les résultats qu'il a trouvés s'accordent avec ceux de Riemann, Basset et autres; ils démontrent que le sphoreïde de Mac Laurin, s'il est formé de liquide absolument dénué de viscosité, est parfaitement stable, si son excentricicité est inférieure à 0.9528867. Si l'excentrité dépasse cette limite; la forme sphéroïdale devient instable et le liquide prend la forme d'un ellipsoïde.

Sciences naturelles. — **MM. J. N. Langley** et **W. Lee Dickinson** : Sur la paralysie progressive des différentes classes de cellules nerveuses du ganglion cervical supérieur. Le but de ce travail est de déterminer si les cellules nerveuses sont paralysées toutes ensemble ou successivement et dans un ordre défini. La méthode employée consiste à utiliser l'action paralysante de la nicotine; *a*) on en injecte dans une veine en quantité insuffisante tout d'abord pour occasionner la paralysie complète du sympathique cervical, on en injecte successivement de nouvelles doses et on note l'ordre dans lequel disparaissent les effets nomalement produits par l'excitation du sympathique cervical; *b*) on injecte une quantité de nicotine suffisante pour déterminer la paralysie complète du sympathique cervical, puis on l'excite à courts intervalles et on note l'ordre de réapparition des effets normaux de chaque excitation. D'une manière générale, les excitations du minima sympathique cervical chez le chien déterminent la paleur des lèvres et des gencives; les excitations faibles et les excitations d'intensité moyenne, la paleur et consécutivement la rougeur; les excitations fortes, comme Dastre et Morat l'ont montré, la rougeur d'emblée; mais l'étendue et la durée de l'effet primitif et de l'effet secondaire, lorsqu'il y en a un, varient d'un chien à l'autre. Les effets de ces excitations chez le lapin et le chat sont aussi indiqués. Les faits montrent que chez les divers animaux la nicotine fait disparaître presque simultanément la plupart des effets de l'excitation du sympathique cervical.

Richard A. Grégory.

SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE DE LONDRES

Séance du 21 mars 1890.

M Herbert Tomlinson étudie le *point critique de Villari, dans le fer et le nickel.* Villari a montré que la perméabilité magnétique du fer est augmentée par une traction longitudinale, pourvu que la force magnétique ne dépasse pas une certaine limite, au delà de laquelle une traction produit au contraire une diminution de la perméabilité. La valeur de la force pour laquelle une traction ne produit aucun changement dans la perméabilité est connue sous le nom de point critique de Villari. L'auteur ne croit pas que l'on ait observé jusqu'à présent un point critique analogue pour le nickel; il a, par l'étude de l'aimantation temporaire, découvert dans ce corps un point tout à fait comparable. Les expériences ont été faites en déterminant par la méthode balistique l'induction produite par les morceaux en expérience, les morceaux étant soumis à des charges connues. Pour le fer recuit, la valeur critique de la force décroît quand la charge croît, et le point critique de Villari est beaucoup plus bas pour l'aimantation temporaire que pour l'aimantation totale. Avec une charge de 4 kilos, 7 sur un fil de 1mm de diamètre, la valeur de la force produisant le point temporaire est de 28 unités C. G. S. Pour une force magnétisante donnée, il y a généralement deux valeurs de la charge qui n'ont aucun effet sur l'aimentation temporaire. Avec le nickel, la valeur critique de la force est beaucoup plus grande, 114 unités C. G. S. pour une charge de 10 kilos sur un fil de 0mm8 de diamètre. — **M. Shelford Bidwell** dit que le professeur Thomson, s'appuyant sur le changement de longueur produit par l'aimantation, a prévu l'existence d'un point de Villari dans le cobalt comprimé, et ce fait a été vérifié expérimentalement. En appliquant un raisonnement analogue au cas du nickel, on ne devrait pas s'attendre à trouver un point de Villari, que sir W. Thomson et le professeur Ewing ont d'ailleurs cherché en vain dans ce cas. Dans des expériences, encore inachevées, il a examiné la façon dont se com-

porte le nickel, soumis ou non à une charge, quand il est sous l'action de forces magnétisantes variables. Le métal se contracte dans tous les cas quand il est aimanté. — *Le prof.* S. P. **Thompson** décrit un *prisme de Bertrand*. L'appareil se compose essentiellement d'un prisme à réflexion totale en spath, qui montre à l'œil nu les anneaux et les croix que l'on observe en lumière convergente dans un polariscope. Si l'on remplace le spath par du quartz, la double réfraction de cette substance étant très faible, on ne voit plus guère directement les anneaux, mais en projection on aperçoit encore des traces très visibles de ces anneaux. — M. **T. Mather** examine *les formes des bobines mobiles employées dans les instruments de mesure électrique;* il recherche quelle est la forme à donner à la section horizontale des bobines des galvanomètres du type d'Arsonval, électrodynamomètres, wattmètres, etc. Se donnant une période constante et un moment d'inertie constant par rapport à l'axe de rotation, il montre que la meilleure forme de la section pour les instruments de zéro est composée de deux cercles tangents à la direction du champ produisant la déviation, au point autour duquel la bobine est mobile; dans les instruments ordinaires du type d'Arsonval, on n'emploie que 45 % environ du moment de la déviation. M. C. V. Boyss dit qu'il a lui-même été conduit à donner à ses instruments des formes semblables. — M. **Agerton** fait aussi observer que le professeur Perry et lui-même ont montré à la Société des arts un wattmère où la bobine avait une forme analogue et qui donnait un moment de déviation égal à 95 % du maximum.

ACADÉMIE ROYALE DE BELGIQUE

Séance du 1er mars 1890

Le comte **d'Espiennes** envoie un mémoire sur la climatologie de la Belgique. Le point où l'on observe le froid le plus vif est, comme on sait, non pas la Baraque Michel, mais bien plutôt Ville-du-Bois, près Vielsalm, à une altitude inférieure de 275 mètres à celle de la Baraque. L'explication suivante du phénomène paraît très rationnelle. L'air refroidi sur les Hautes-Fagnes, et devenu plus dense par ce fait même, descend la pente qui s'étend de ces sommets à Ville du-Bois, continue de rayonner en descendant et arrive plus froid qu'à son point de départ. Toutefois, aucune expérience directe n'était encore venue confirmer cette explication. D'où l'intérêt des observations suivantes de l'auteur, réalisées à Sey près Ciney : « Observant, dit-il, la répartition des dégâts occasionnés par la gelée sur les arbres, lors du terrible hiver 1879-1880, j'ai été frappé de ce que presque tous les arbres détruits se trouvaient dans le fond des vallées, tandis que ceux qui étaient sur les pentes ou sur les sommets des collines étaient épargnés. Pour en rechercher les causes, j'ai entrepris simultanément des observations thermométriques et anémométriques sur les sommets des collines, sur les pentes et dans les fonds des vallées adjacentes. Ces recherches n'ayant lieu que par des temps calmes, pour mieux apprécier la direction suivie par les courants aériens, je me servais de petits morceaux de bougies allumés, placés sur le sol, et dont l'inclinaison de la flamme me donnait d'une manière très précise la direction et l'intensité du plus faible courant d'air. Il résulte de l'ensemble de mes observations que : 1° pendant les nuits des temps calmes et sereins (condition absolument nécessaire à la production du phénomène) l'air, en se refroidissant, s'écoule, dès le coucher du soleil, du sommet des collines vers le fond des vallées, et qu'arrivé dans celles-ci, il en suit le cours plus ou moins rapidement selon l'inclinaison de la pente. Les sommets deviennent alors le siège de véritables appels d'air dont la température est relativement fort élevée par rapport à celle des versants et des vallées; 2° la plus basse température minima dans un pays accidenté aura toujours lieu (lors des situations atmosphériques indiquées plus haut) dans les vallées et principalement dans celles dont la pente est faible ou presque nulle; et, dans ce cas, si un obstacle quelconque vient à barrer la vallée, tel qu'un bois, un remblai, etc., l'air froid descendu des hauteurs avoisinantes, entravé dans sa circulation, vient s'accumuler en amont de l'obstacle et y former, si l'on peut ainsi dire, de véritables mares d'air, qui peuvent atteindre, même en été, la température de 0 degré et même moins, le rayonnement pendant la stagnation de l'air continuant à en abaisser la température. C'est en ces points où se produisent, pendant les nuits calmes et claires, ces brouillards intenses, en forme de nappes blanchâtres de quelques mètres à peine d'épaisseur, que, malgré la chaleur développée par la condensation des vapeurs et l'abri qu'elles apportent au rayonnement, la gelée détruit presque chaque année, au printemps ou même en été, les pommes de terre, le seigle en fleur, les légumes des jardins potagers et, lors des hivers exceptionnels, les arbres fruitiers. Au point de vue agricole, on doit donc éloigner les cultures délicates de ces emplacements qui sont toujours très nuisibles pour toute espèce de végétation, étant souvent pendant les journées d'été de véritables fournaises, et de véritables glacières les jours suivants.

M. l'abbé **Renard** présente une notice sur les cristaux de phillipsite du centre du Pacifique. Après avoir montré, dans une précédente communication, l'existence, dans les argiles sous marines de cet océan, de cristaux microscopiques de phillipsite dont il a déterminé les formes cristallographiques et la composition chimique il fait connaître les conditions bathymétriques et les associations minérales de ces cristaux zéolithiques. Il conclut qu'ils sont formés par l'action des eaux marines sur les produits volcaniques basiques, qui tapissent le lit de l'océan dans cette région du Pacifique.

F. F.
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE SAINT-PÉTERSBOURG

Séance du 11 mars.

1° Sciences mathématiques. — M. **Bortkevitch** présente un mémoire sur « la mortalité et la longévité de la population de la Russie d'Europe » où il donne une nouvelle formule pour le calcul approximatif de la vie moyenne et critique certaines méthodes de statistique, surtout celle qui pour la détermination de la vie moyenne se sert de la moyenne arithmétique des nombres inverses des coefficients de la natalité et de la mortalité. Les calculs portent sur les données de la statistique décennale (1874 à 1884) concernant la population grecque-orthodoxe de la Russie d'Europe. — M. **Nétchoghin** présente un mémoire sur la division de l'angle en trois parties égales, par approximation, en basant ses calculs sur les données des mathématiques spéciales.

2° Sciences physiques. — M. **Chklar** présente une nouvelle application du microphone pour avertir l'armée de l'approche de l'ennemi sur terre et sur mer.

3° Sciences naturelles. — **M. Th. Schmidt** lit le rapport sur sa mission géologique en Suède: cette mission avait pour but la comparaison des formations siluriennes des îles Esel et Gothland dans la Baltique). — M. **Goldberg** présente un mémoire sur le « développement des ganglions nerveux chez le poulet », dont voici les conclusions : 1) Les ganglions rachidiens et céphaliques se forment au dépens de l'ectoderme (chez le poulet, la bécasse et le tétard). 2) Le rudiment des ganglions rachidiens et de certains ganglions céphaliques est visible sur une coupe 35 heures après l'incubation; il apparaît alors

comme une masse cellulaire entre l'ectoderme, le tube médullaire et la protovertèbre. 3) Tous les ganglions rachidiens se développent d'après le même type; la masse cellulaire dont on vient d'esquisser la formation envoie un prolongement en bas, vers l'espace triangulaire compris entre l'ectoderme, la protovertèbre et le tube médullaire; ce prolongement forme, en s'agrandissant, après la destruction des protovertèbres, le ganglion rachidien ayant la forme d'un ovoïde. 4) Les racines des nerfs sortent du tube médullaire (les antérieures ou ventrales avant les postérieures ou dorsales, c'est-à-dire vers la fin du 3e jour) sous forme de fibres excessivement fines; les fibres de la racine postérieure traversant la masse même du ganglion tandis que les antérieures sans y pénétrer suivent son bord inférieur; en dehors du ganglion les deux racines se réunissent en une seule tige nerveuse. 5) Chaque ganglion rachidien correspond par sa situtions à un segment du tube médullaire (neuronien). 6) Les ganglions céphaliques se forment de deux façons différentes : *a*) soit au dépens de la masse cellulaire déjà décrite comme les ganglions rachidiens; les ganglions de la région de l'oreille : *ciliaire* et de *gasser* (5e paire), le ganglion *otique* (8e paire), le ganglion d'*Andersch* (9e paire), etc. *b*) soit immédiatement au dépens de la paroi des vésicules cérébrales, comme par exemple le ganglion *géniculé* ou les ganglions des nerfs optiques (3e jour de l'incubation). 7) Les ganglions sympathiques apparaissent le 4e jour de l'incubation, sous forme d'amas cellulaires situés sous la racine antérieure (ou ventrale), et qui se détachent nettement au milieu des cellules mésodermiques environnantes. Ces ganglions accompagnent le nerf dans son trajet ultérieur. Les rameaux anastomotiques des ganglions n'apparaissent que beaucoup plus tard.

Séance du 25 mars 1890.

M. **Imchenetski** présente une note sur la signification géométrique de la formule d'Eiler pour l'expression approchée des quadratures. — M. **Backlund** présente un exemplaire de son « rapport préliminaire sur les travaux astronomiques faits par l'expédition de Timain (dans le nord-est de la Russie), pendant l'été 1889. » extrait des Mémoires du Comité géologique. — M. le Dr **Soupronnenko** fait don à l'Académie des collections zoologiques et anthropologiques réunies par lui dans l'île de Sakhalin.

O. Backlund,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE BERLIN

Séance du 20 mars 1890.

Sciences naturelles. — M. **A. Fleischmann**, de Erlangen, communique un travail sur la parenté des Rongeurs avec les Marsupiaux. M. Fleischmann décrit spécialement chez ces deux ordres de mammifères les identités, les transitions et les analogies du système dentaire, de l'angle du maxillaire inférieur, du processus coronoïde, du condyle glénoïdal, de la forme et de la structure de l'estomac, de la disposition des organes urogénitaux, du nombre, disposition et structure des mammelles, de la disposition du larynx, de la forme extérieure et de la structure de l'encéphale, de la disposition des nerfs spinaux et surtout des formes embryonnaires. L'auteur conclut qu'au point de vue phylogénétique tous les organes des Rongeurs dérivent de ceux des Marsupiaux et qu'on peut expliquer logiquement chez les espèces actuellement vivantes les variations de formes à l'aide des dispositions ancestrales. Une parenté analogue existerait entre les Insectivores et les Chauves-souris d'une part et les Marsupiaux carnivores d'autre part. L'auteur développera cette thèse dans une communication ultérieure.

J. F. Heymans.

SOCIÉTÉ DE PHYSIOLOGIE DE BERLIN

Séance du 28 mars 1890.

M. **E. Salkowsky** : L'eau chloroformée est antiseptique, tue les êtres et les ferments organisés, mais n'aurait aucune action sur les ferments inorganisés. De la levûre de bière mise à digérer avec de l'eau chloroformée donne en quantité relativement considérable un sucre lévogyre et fermentescible, tandis que de la levûre traitée par de la vapeur d'eau ne donne pas de sucre par la digestion dans l'eau. A côté du sucre se forment encore des produits de décomposition des substances albuminoïdes, comme la leucine, la tyrosine, la xanthine. Du foie broyé mis à digérer avec de l'eau chloroformée donne également une plus grande quantité de produits de décomposition que le foie stérilisé par la vapeur d'eau. Il en est de même du muscle. De sorte que l'auteur conclut à la présence constante de ferments dans les tissus animaux. — M. **S. Rosenberg** démontre une nouvelle réaction de l'acide urique, plus sensible que celle du murexide. L'acide urique donne avec l'acide phospho-tungstique en milieu alcalin une coloration bleue intense, encore sensible dans une solution à 1 pour 80.000. Dans l'urine des carnivores et dans celle de l'homme l'acide urique est seul cause de la coloration bleue; celle des herbivores contient différentes substances qui produisent la même coloration qu'il faut d'abord éliminer. — M. **Goldscheider** a fait sur le sens du goût les mêmes recherches que Oehrwall et est arrivé également à la conclusion que les différentes saveurs sont perçues par des terminaisons nerveuses différentes. — D'après les recherches de M. Argutinsky le travail musculaire s'accompagnerait d'une élimination plus grande de substances azotées. M. **J. Munck** a repris l'étude de cette question; d'après lui l'organisme qui a à sa disposition une quantité suffisante de substances nutritives et d'oxygène accomplirait son travail musculaire en consumant seulement des substances hydrocarbonées. Si l'alimentation est insuffisante, ou s'il y a dyspnée, alors les substances albuminoïdes sont entamées et le travail musculaire s'accompagne d'une élimination plus grande de corps azotés.

J. F. Heymans.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Séance du 20 mars 1890.

Le président M. Stephan présente un mémoire sur *la conductibilité calorifique des dissolutions salines*. — Le Dr **Niemelowicz** a entrepris des recherches *sur le Bromalglycerique* et *l'acide tribromopropionique*. Si l'on fait agir l'acide sulfurique et l'acide bromhydrique sur la glycerine, suivant la température et la quantité de brome employée, la glycérine se transforme en bromalglycérique (α et β, tribromopropion aldéhyde) et en acide tribromopropionique correspondant. Comme produits accessoires on obtient un polymère liquide du dibromure d'éthylène. La constitution du bromalglycérique a été déduite de l'action de la potasse étendue qui fournit, comme produits de la décomposition, l'acide formique, l'acide bromhydrique et le dibromure d'éthylène dyssymétrique. L'auteur indique également un procédé qui permet d'obtenir facilement à l'état de pureté le bromalglycérique et l'acide tribromopropionique. — M. **C. Claus** a étudié l'*organisation de Cyprides*. La science a fait aujourd'hui des progrès considérables, qui permettent d'appliquer à ces êtres des procédés d'étude bien préférables à ceux employés par les anciens auteurs. M. Claus fait des coupes durcies et colorées suivant les méthodes connues; il a ainsi examiné successivement: le système nerveux, les organes de la vision, le squelette, l'appareil digestif, les organes de sécrétion, et de reproduction.

Emil Weyr,
Membre de l'Académie.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE NAPLES

Séance du 8 février 1890.

M. **Oglialoro** a réalisé en collaboration avec M. **E. Rosini** l'acide orthonitrophénylcinnamique et l'hydrophénylcarbostirile. Ces nouveaux composés correspondent à l'acide orthonitrocinnamique et au carbostirile; ils ont été préparés en faisant agir l'orthonitrobenzaldéhyde sur le phénylacétate sodique et en réduisant par l'amalgame de sodium le nouvel acide orthonitrophénylcinnamique qui en résulta.

Séance du 1er mars 1890.

1° Sciences mathématiques. — M. **Reina** étudie la *Théorie des normales à une surface.* Il démontre plusieurs théorèmes importants de géométrie différentielle relatifs aux normales à une surface quelconque. En appelant *conjuguées* deux directions d'éléments linéaires infiniment petits dans le plan tangent d'une surface en un point, lorsqu'il y a coïncidence avec les directions de deux diamètres conjugués de la conique *indicatrice* de Dupin en ce point, M. Reina montre que la plus petite distance des normales à une surface menée par les extrémités d'un élément linéaire infiniment petit, est parallèle à la direction conjuguée de cet élément, de sorte que la direction conjuguée à celle d'un élément est donnée par l'intersection de la surface avec le plan conduit par la normale à une extrémité de l'élément, et par sa plus petite distance de la normale à l'autre extrémité. En supposant la surface à courbure positive, en considérant la normale en un point et le conjugué harmonique de ce point par rapport à deux centres de courbure principaux appartenant à cette normale, M. Reina trouve deux théorèmes relatifs aux perpendiculaires à la normale, lesquelles sont symétriques par rapport aux sections principales, et passent par ce point conjugué harmonique. En variant de position sur la surface la *locale* de son conjugué harmonique, construit comme nous venons de le dire, il constitue une seconde surface conjuguée de la première. Or l'auteur démontre que la surface conjuguée d'une autre surface donnée est le lieu des lignes de rétrécissement (*stringimento*) des surfaces réglées constituées par les normales à la surface donnée le long de ses *lignes caractéristiques*. (Sur ces *lignes* l'auteur a présenté un travail aux *Lincei*. Vol. V. fasc. 21.) Le système des normales à la surface conjuguée coïncide avec le système des normales à la surface donnée, lorsque celle-ci est à *courbure moyenne constante;* dans ce cas la surface conjuguée est à courbure négative et lesdites lignes de rétrécissement (*stringimento*), qui se trouvent sur elle sont des signes *asymptotiques;* par conséquent si la surface donnée est à courbure moyenne constante positive et si l'on construit la surface conjuguée correspondante, ces deux surfaces sont telles que *les normales de l'une le long des lignes caractéristiques coupent l'autre le long des lignes asymptotiques*, et en outre l'angle compris entre les lignes caractéristiques qui se coupent en un point de l'une est égal à l'angle entre les lignes asymptotiques au point correspondant de l'autre. — M. **Fergola** donne lecture d'un rapport sur une *note* de M. **Angelitti** *sur une modification à la méthode dite de Talcott pour déterminer la latitude géographique*. M. Angelitti propose une modification utile montrant qu'on peut éviter l'usage de la vis micrométrique et ce en remarquant tout simplement les instants dans lesquels les deux étoiles du couple, qu'il faudrait observer avec la méthode ordinaire, passent par un même fil de réticule, quelques minutes avant ou après leur culmination. On sait que la méthode de Talcott exige une grande perfection de l'appareil micrométrique; c'est pour cela que M. Angelitti propose une méthode qui le supprime.

2° Sciences physiques. — M. **Angelitti** étudie les variations de la déclinaison magnétique observées à Capodimonte en 1888. — M. E. **Scacchi** fait connaître les caractères cristallographiques des fluosilicates de molybdène. Il s'agit de trois sels récemment découverts par M. Mauro. — M. Oglialoro présente une *note* de M. **Puitti** sur la *synthèse des Asparagines*. C'est une importante contribution à complète connaissance de toutes les *Asparagines* qu'en théorie l'on peut prévoir.

3° Sciences naturelles. — M. **Bassini** donne lecture d'un rapport sur une Note de M. **Meschinelli** relative à *quelques instruments provenant de plusieurs habitations lacustres de l'Europe*. En ces dernières années on a extrait de plusieurs habitations de lacs (*lacustri*) des instruments en bois très curieux. Ce sont des espèces de pirogues, longues de moins d'un mètre et avec deux parties mobiles au centre. A l'étranger ces instruments ont été étudiés par MM. Hildebrandt, Hausmann, Merkel, Deschmann et Munro. M. Meschinelli s'occupe de ceux rencontrés en Italie dans la vallée *Fontega*. On les a tenus tour à tour pour viviers de poissons, trappe à poissons, à loutre, à castor, et enfin on a supposé qu'ils étaient des modèles de barques pour faciliter la pêche. M. Meschinelli refait l'historique de la question avec beaucoup de clarté et d'ordre et conclut que les instruments rencontrés en Italie étaient très probablement des trappes à oiseaux. — M. **Licopoli** expose un procédé pour observer au microscope certaines semences provenant des fouilles de Pompéi.

Francesco Sinigaglia.

LE BANQUET DE LA SOCIÉTÉ DE CHIMIE DE LONDRES

Le 27 mars dernier, la Société de chimie de Londres a fêté dans un banquet de 150 couverts le cinquantenaire de sa fondation. Le Président, M. W. J Russell, a rappellé à cette occasion les origines de la savante compagnie et les principales découvertes qui marquèrent les premières années de son existence. Sa création fut décidée par 25 chimistes parmi lesquels Grove et Playfair. Ils commencèrent par la doter d'un bulletin où, sous le nom de *Mémoires* et *Extraits*, ils publièrent à la fois des recherches originales et l'analyse des principaux travaux chimiques de l'Etranger. Bien que paraissant irrégulièrement, ce bulletin obtint un grand succès. Le haut intérêt, tantôt spéculatif, tantôt pratique, des mémoires qui, dès ses débuts, y furent insérés, explique la rapidité de sa renommée. Sans doute la chimie a bien progressé depuis l'apparition de son premier volume, où Clark essayait de titrer la dureté d'une eau. Mais, quoique dépassés aujourd'hui, quantité de mémoires publiés par la Société méritent encore d'être consultés, soit en raison de leur grande valeur intrinsèque, soit aussi parce qu'ils permettent de mesurer le progrès qu'ils ont provoqué. Telles furent, dans le 2e volume du bulletin, les recherches célèbres de MM. Muspratt et von Hoffmann relatives à la préparation de l'aniline par la nitrobenzine. La découverte du coton-poudre, consignée dans le 3e volume (1847) attira sur la Société l'attention des praticiens. Alors furent créés à Londres 3 laboratoires pour les recherches originales de chimie. Les découvertes qui en sortirent, publiées par la Société, intéressèrent le public: MM. Abel et Roumey y faisaient connaître la composition chimique de l'eau de Trafalgar square et de Cheltenham; M. Mansfield indiquait l'intérêt scientifique et pratique du goudron, jusqu'alors regardé comme un produit sans valeur. Il montrait toute l'importance, pour la théorie et l'application, de l'étude chimique de la benzine. Tous ces travaux et bien d'autres jetèrent sur la Société un grand éclat. C'est à eux surtout qu'elle dut sa prospérité naissante. Il était juste de le rappeler en célébrant la cinquantième année de sa fondation.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

EDMOND HÉBERT

Edmond Hébert, le chef de l'Ecole française de Géologie, s'est éteint le vendredi 4 avril à l'âge de 78 ans. Il était né en 1812 à Villefargeau (Yonne) où son père, ancien soldat de la République et de l'Empire, dirigeait une ferme importante. Après d'excellentes études au collège royal d'Auxerre, Hébert, qui se destinait au professorat, dut, pour avoir les ressources matérielles suffisantes, passer par la dure existence de maître d'études. Enfin en 1833 ses efforts furent couronnés de succès et il entra à l'Ecole normale supérieure. A sa sortie en 1836, il fut envoyé comme régent de physique au collège de Meaux. Il se fit remarquer par sa fermeté qui lui valut d'être rappelé en 1838 comme surveillant général à l'Ecole normale pour y maintenir la discipline. Il y resta jusqu'en 1857.

C'est à partir de 1840, époque à laquelle il fut nommé directeur des études, qu'il s'adonna à la Géologie. Jusque là il s'était consacré à l'enseignement de la Physique, enseignement qui d'ailleurs avait été fort remarqué. Mais la vie sédentaire ne lui convenait pas et ce fut par raison de santé qu'il entreprit ses premières courses géologiques qui furent suivies de tant d'autres dont les résultats eurent une si grande importance sur le développement de la Géologie en France. Il réunit ainsi une collection de fossiles qu'il rangea au point de vue stratigraphique et qui servit non seulement à son enseignement, mais encore à ses travaux de recherches et à ceux de ses élèves. Ce laboratoire, largement ouvert à tous les géologues fut pour ainsi dire le berceau de son Ecole.

L'année 1857 date dans l'existence d'Hébert, car au mois de février il soutient sa thèse; en mars il est chargé de cours à la Sorbonne, et en octobre il est nommé titulaire de la chaire de Géologie. Son enseignement, alors qu'il n'était que chargé de cours, avait été tellement remarqué que le Ministre de l'Instruction publique le nomma titulaire contre le vœu émis par la Faculté, qui présentait M. d'Archiac, membre de l'Institut. A la Sorbonne, Hébert créa un nouveau laboratoire qui, dès le début, fut fréquenté par un très grand nombre d'élèves. Aussi, lorsque M. Duruy, donna à l'enseignement supérieur une impulsion toute nouvelle par la création de l'Ecole des hautes études, le laboratoire d'Hébert fut-il immédiatement en état de fournir le personnel enseignant qu'exigeait, pour la Géologie, la nouvelle réforme.

L'enseignement qu'il donna, à la Sorbonne, dura plus de vingt ans. Il ne consistait pas seulement en leçons publiques, toujours riches en documents nouveaux puisés presque uniquement dans les faits observés par Hébert et rarement publiés par lui, mais encore en excursions qu'il a dirigées lui-même et durant lesquelles il faisait bénéficier ses élèves de son immense savoir. En 1875, il dut renoncer à ces excursions, et à partir de 1885 il eut souvent recours à l'obligeance de M. Vélain pour achever son cours.

L'accueil bienveillant qu'Hébert faisait à tous ceux qui s'occupaient de Géologie eut pour le moins autant d'influence que son enseignement sur l'Ecole française. Il avait su ainsi grouper autour de lui beaucoup de bonnes volontés et provoquer chez les jeunes l'ardeur des recherches originales; aussi les thèses qui sortirent de son laboratoire sont-elles nombreuses et embrassent-elles toutes les parties de la Géologie.

L'œuvre scientifique d'Hébert est considérable et il serait impossible, ici, même d'énumérer tous ses travaux. Je me contenterai d'en donner un rapide aperçu.

Ses mémoires sur le Paléozoïque sont peu nombreux, mais quelques-uns sont d'une très grande importance. A la suite de voyages en Bretagne, en Normandie et dans le Cotentin, il établit l'existence entre les Gneiss et le Cambrien, d'un terme nouveau, l'*Archéen* occupant la même position stratigraphique que le *Huronien* dans le Canada. Il démontra l'existence à cette époque d'un rivage qui correspond à un système de plissement de l'écorce terrestre, dont M. M. Bertrand a depuis établi la présence dans la partie septentrionale de notre globe. Dans l'Ardenne, il rapporta définitivement au Dévonien les dépôts du *Gédinien*, considérés jusque-là comme appartenant au Silurien.

Le Jurassique du Bassin de Paris fournit à Hébert un très grand nombre d'observations qui se trouvent résumées dans un important mémoire intitulé : *Les mers anciennes et leurs rivages dans le Bassin de Paris.* Plus tard, Hébert chercha par de nombreuses notes à démontrer que les Cévennes, la région subalpine et la Provence avaient été émergées après le dépôt du Corallien et étaient devenues un continent sur lequel n'avait pu se déposer le Jurassique supérieur. Il eut à cette occasion à soutenir une violente polémique avec l'école qui admettait que l'on avait affaire à un faciès corallien qui se développait successivement, de l'Oxfordien jusqu'au Portlandien.

Lorsqu'Oppel découvrit le Tithonique, Hébert entreprit des voyages dans les Carpathes, la Moravie, les Alpes et les Cévennes à la suite desquels il crut pouvoir dire que les couches qui le constituent appartiennent à des termes nouveaux de la série crétacée, termes qu'il groupait sous le nom d'*Infranéocomien*. Ces dépôts, d'après lui, se seraient formés dans des dépressions auxquelles les couches à *Terebratula Moravica* auraient servi de rivage. Cette manière de voir fut vivement attaquée par une école pour qui ces dépôts représentaient les équivalents pélagiques du Portlandien et du Kimmeridien, tandis que les récifs coralliens n'en seraient qu'un faciès latéral.

Les travaux d'Hébert sur le terrain Crétacé sont des plus remarquables. Dans les premiers qu'il ait fait paraître, il montra les analogies du Crétacé de Mauléon et de Gensac avec celui de Maëstricht. Puis il parvint à établir, dans la masse de craie du Bassin de Paris, des divisions, d'abord contestées, mais aujourd'hui unanimement adoptées, qui sont toutes basées sur la présence de faunes spéciales, notamment sur celle de différentes espèces de *Micraster*.

Le bassin de Paris, si riche en horizons tertiaires a été l'objet de nombreuses études dans lesquelles Hébert établit les relations statigraphiques de tous ces horizons entre eux. C'est ainsi qu'il introduisit la notion de faciès latéraux pour le terrain tertiaire. Il établit le premier que les couches lacustres de Champigny sont l'équivalent du Gypse et que les calcaires lacustres de Provins représentent les couches marines du Calcaire grossier supérieur. Il rechercha encore en dehors du bassin de Paris le prolongement des niveaux qu'il y avait si bien reconnus et put ainsi montrer que la mer tongrienne s'étendait encore en Angleterre, en Belgique, dans le nord de l'Europe, la vallée du Rhin jusqu'à Bâle, puis dans le Cotentin et l'Aquitaine. Il fit de même pour la mer de l'Eocène moyen. Il parcourut la Hongrie et toute la France méridionale, cherchant à établir entre ces bassins tertiaires et celui de Paris une comparaison qui fut une de ses principales préoccupations.

Je m'arrêterai là dans l'analyse de l'œuvre stratigraphique d'Hébert; mais que de notes il faudrait citer, tant leur importance a été grande au point de vue scientifique!

Les travaux d'Hébert au point de vue purement paléontologique, sont peu nombreux. Ils traitent du *Gastornis* et du *Coryphodon*, mais ces mémoires sont faits de main de maître.

Cette vie de travail si péniblement commencée s'acheva pour Hébert dans des conditions véritablement dignes d'envie. L'Académie des Sciences l'avait élu en 1877 membre de la section de Minéralogie. En 1878 il avait été acclamé président du congrès géologique international et par trois fois la société géologique l'avait élu son président. Ses collègues de la Faculté des Sciences l'avaient choisi pour doyen en 1886 et 1889. La fatigue seule le força de résigner ces dernières fonctions que ses collègues eussent été heureux de lui voir garder plus longtemps, tant ils avaient apprécié son tact et sa modération. Enfin il eut auprès de lui jusqu'à son dernier moment une compagne dévouée qui savait prendre part à tous ses travaux et lui alléger le poids de la vieillesse.

Hébert ne laisse après lui que des regrets, car ce fut un vrai savant et un parfait honnête homme.

J. Bergeron.

NOUVELLES

SYNTHÈSE DE L'ACIDE GLUCONIQUE ET DE LA DEXTROSE

En terminant l'exposé des recherches entreprises par Fischer et Loew sur la synthèse des sucres, nous émettions l'avis, dans le dernier numéro de la *Revue*, que la reproduction artificielle de la dextrose suivrait sans doute de près celle de la mannite et de la lévulose. Notre attente n'a pas été longue, car, au moment même où notre article était sous presse, M. Em. Fischer annonçait, par l'organe des *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* (1), qu'il était enfin parvenu, par la transformation de l'acide mannonique en acide gluconique, à passer de la série des mannoses synthétiques à celle de la dextrose.

Pour bien faire comprendre la possibilité d'une pareille réaction, comparons d'abord les propriétés optiques des sucres dérivés de la mannite à leur constitution moléculaire.

On sait, d'après les travaux de MM. Le Bel et Van't Hoff, que le pouvoir rotatoire des matières organiques est dû à la présence, dans leur molécule, d'un ou plusieurs atômes de carbone asymétriques, c'est-à-dire liés à quatre groupes monovalents distincts; l'inverse n'est pas d'ailleurs rigoureusement nécessaire.

Or, la formule de la mannite montre quatre atômes de carbone présentant ce caractère; désignons-les par les symboles (1), (2), (3) et (4).

$$CH^2OH - \underset{(1)}{CHOH} - \underset{(2)}{CHOH} - \underset{(3)}{CHOH} - \underset{(4)}{CHOH} - CH^2OH.$$

La lévulose,

$$CH^2OH - \underset{(1)}{CHOH} - \underset{(2)}{CHOH} - \underset{(3)}{CHOH} - CO - CH^2OH,$$

à cause de sa fonction d'acétone, ne possède plus que trois atômes de carbone dissymétriques, et cependant elle régénère immédiatement la mannite par hydrogénation, c'est-à-dire par une synthèse partielle, qui ne saurait seule faire apparaître l'activité optique. Le groupe (4) de la mannite est donc par lui-même inactif. Des considérations analogues conduiraient aux mêmes conséquences touchant l'acide arabinose-carbonique, l'acide mannonique droit et les mannoses correspondantes. L'inactivité du groupe (4) est donc un caractère commun à tous les corps précédents, qui explique la facilité avec laquelle ils se laissent convertir en mannites. La dextrose et l'acide gluconique peuvent aussi être changés en mannite, mais moins aisément que la mannose ou l'acide mannonique: il semble qu'il y ait dans ce cas transposition moléculaire (sans doute d'ordre stéréochimique) en même temps que réduction, et la dextrose nous apparaît comme un isomère physique des mannoses, présentant avec ceux-ci les mêmes rapports que l'acide tartrique actif avec l'acide racémique, ou mieux que l'acide racémique avec l'acide tartrique inactif.

Si la première hypothèse, en effet, était exacte, on devrait pouvoir dédoubler la mannose en deux dextroses, ou l'acide mannonique en deux acides gluconiques isomères. L'expérience ne justifie pas cette prévision; elle s'accorde au contraire très bien avec la seconde hypothèse, car l'acide mannonique droit se change sous l'action de la chaleur, au moins partiellement, en acide gluconique ordinaire, de même que dans les expériences classiques de M. Jungfleisch on voit l'acide mésotartrique donner naissance à l'acide racémique, ou inversement.

Le mode opératoire adopté par M. Fischer consiste à chauffer les acides en question avec un excès de quinoléine, vers 140°. Après séparation de la base, par la baryte et un courant de vapeur d'eau, on obtient un mélange de mannonate et de gluconate de baryum que l'on transforme en sels de brucine: le mannonate de brucine, à peu près insoluble dans l'alcool, peut être séparé presque quantitativement à l'aide de ce réactif. Quant au gluconate resté en dissolution, on le ramène à l'état de sel barytique, puis on le transforme par la phénylhydrazine, à 100°, en phénylhydrazide facile à purifier par cristallisation.

La phénylhydrazide est enfin décomposée par la chaux, ce qui fournit un gluconate de calcium identique à celui qui dérive de la dextrose.

Pour convertir l'acide gluconique ainsi obtenu en dextrose, il suffit de le traiter par l'amalgame de sodium; le produit qui se forme a été identifié au sucre d'amidon par son point de fusion (140° — 146°), par son pouvoir rotatoire (+ 52°) et par l'examen de ses combinaisons avec la phénylhydrazine ordinaire ou la diphénylhydrazine, qui paraît être le meilleur réactif connu jusqu'ici pour caractériser sûrement la dextrose.

Ce dernier travail vient compléter de la manière la plus brillante les premières recherches de M. Fischer; aujourd'hui tous les corps en C^6 qui se rattachent à la mannite ont été reproduits par synthèse totale. Espérons que bientôt nous pourrons enregistrer des résultats du même ordre dans la série de la dulcite et de la galactose, dont la dérivation est encore entièrement ignorée.

L. Maquenne.

(1) Numéro du 24 mars, p. 779, t. XXIII.

Le Gérant : Octave Doin.

Paris.—Imprimerie F. Levé, rue Cassette, 17.